



Estudio de la tecnología GSM (Global System for Mobile) tercer y cuarta generación.

Guerrero Calle, Cesar
Ávila, Gean Carlos de

López, Gonzalo
Asesor

Universidad Tecnológica de Bolívar
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Electrónica
Cartagena de Indias D.T. Y C.
2007

NOTA DE PRESENTACIÓN

FIRMA DEL PRESIDENTE DE JURADO

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

Cartagena de Indias D. T. Y C. Octubre de 2007.

AUTORIZACIÓN

Yo, **CESAR GUERRERO CALLE**, identificada como aparece al pie de mi firma, autorizo a la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**, para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catalogo on-line de la biblioteca.

Atentamente,

CESAR GUERRERO CALLE
C. C. #
Código #

Cartagena de Indias, Octubre 19 de 2007

AUTORIZACIÓN

Yo, **GEAN CARLOS DE AVILA**, identificado como aparece al pie de mi firma, autorizo a la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**, para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catalogo on-line de la biblioteca.

Atentamente,

GEAN CARLOS DE AVILA
C. C. #
Código #

Cartagena de Indias, Octubre 19 de 2007

DEDICATORIA

A Dios por darme valor, fortaleza y espíritu de superación que me permitieron hacer realidad esta meta.

A mis padres: CARMEN CALLE y MANUEL GUERRERO por el apoyo moral y económico que me brindaron para la culminación de esta meta.

A mi hermana que la quiero mucho, por el apoyo que me brindo.

A Marien Polo Mastrascusa, quien ha sido mi apoyo durante todo este tiempo, con su amor, paciencia y comprensión me ayudo y dio fortalezas para seguir adelante hasta la culminación de este proyecto.

A la Universidad Tecnológica de Bolívar y a los Docentes de la Facultad de Ingeniería Electrónica por haberme brindado todos los conocimientos que hoy he adquirido.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a que llegara a alcanzar la meta que me propuse superando todos los obstáculos que se me presentaron en el camino hasta alcanzar el éxito.

CESAR AUGUSTO GUERRERO CALLE.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, quienes en todo momento fueron mi apoyo y ejemplo a seguir.

A mis amigos y profesores de la Universidad, quienes me acompañaron durante el proceso de aprendizaje

A la Directiva, y todo el Talento Humano de la Universidad Tecnológica de Bolívar, con quienes compartí e hicieron parte esta gran familia.

Gean Carlos de Ávila

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	11
1.1 OBJETIVO GENERAL	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y TÉCNICAS DEL SISTEMA GSM	12
2.1 SISTEMAS CELULARES	12
2.2 EVALUACIÓN HISTÓRICA DE LOS SISTEMAS CELULARES	14
2.3 TECNOLOGÍA GSM	18
2.3.1 Arquitectura de una Red GSM	22
2.3.2 Tecnología GSM Según la Utilización en Cada Paso de la Primera Migración	25
2.4 SISTEMAS MÓVILES DE TERCERA GENERACIÓN (3G)	32
2.4.1 SISTEMA TDMA DE TERCERA GENERACIÓN UWC-136	53
2.4.2 CARÁCTERÍSTICAS TÉCNICAS	54
2.5 SISTEMAS MÓVILES DE CUARTA GENERACIÓN	59
3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS GSM	70
3.1 PRIMERA GENERACIÓN	70
3.2 SEGUNDA GENERACIÓN	70
3.3 TERCERA GENERACIÓN	72
3.4 CUARTA GENERACIÓN	72
4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS	74
CONCLUSIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	79

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
TABLA 1	EVOLUCIÓN DE LAS RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES TERRESTRES	16
TABLA 2	SERVICIOS OFRECIDOS AL USUARIO	69
TABLA 3	COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO DE DATOS ENTRE DISTINTAS TECNOLOGÍA	75

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1	REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIA EN UNA RED CELULAR	
FIGURA 2	PRINCIPALES COMPONENTES DE UNA RED GSM	21
FIGURA 3	ARQUITECTURA DE RED GSM	22
FIGURA 4	MIGRACIÓN DE PRODUCTOS HACIA CAPACIDADES DE TERCERA GENERACIÓN	25
FIGURA 5	DIAGRAMA QUE MUESTRA LOS NODOS QUE GPRS AÑADE A LA RED GSM	28
FIGURA 6	ARQUITECTURA GENERAL DE UNA RED GPRS	30
FIGURA 7	CAPAS HORIZONTALES	33
FIGURA 8	ARQUITECTURA DE SERVICIO ABIERTA DE UMTS	38
FIGURA 9	DOMINIO Y PUNTOS DE REFERENCIA DE UMTS	40
FIGURA 10	ARQUITECTURA DE RED UMTS R'99	44
FIGURA 11	ARQUITECTURA DE RED DE UMTS R'00	49
FIGURA 12	INTERFAZ RADIO TERRESTRE IMT 2000	52
FIGURA 13	ESPECTRO PARA IMT 2000	56
FIGURA 14	EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS CELULARES DE TERCERA GENERACIÓN	57
FIGURA 15	ARQUITECTURA EN CAPA	58
FIGURA 16	WIMAX 80216 SOLUCIONES R/S PARA APLICACIONES BANDA ANCHA	60
FIGURA 17	ARQUITECTURA DE LA RED DE 4G	66

INTRODUCCIÓN

La alta demanda y los problemas de interferencia que frecuentemente se presentaban en las comunicaciones, conllevaron a la búsqueda de nuevas tecnologías que permitieran una mayor cobertura y calidad de los servicios.

Los sistemas móviles, determinan su importancia al poseer una capacidad de abonados superior a cualquier otro sistema, por lo que se ha convertido en una aplicación de consumo masivo utilizado por todas aquellas personas que sienten la comodidad y necesidad del portafolio de servicios que se ofrecen.

Las primeras generaciones de sistemas móviles celulares eran analógicas, tales como NMT, TACS, AMPS, etc., sustituidas recientemente por el GSM, en el intento de unificar los distintos sistemas móviles digitales y sustituir a los más de diez analógicos en uso, pronosticándose una amplia penetración en los mercados en los últimos años. Sin embargo, a pesar de poseer un uso, se podría decir que masivo, dado a la cantidad de usuarios que cada día se suman a recibir los servicios, con sus ventajas y desventajas que ofrece el sistema, éste lo utiliza sin cuestionarse como funciona y cuáles son las red, el conocimiento que adquiere se basa únicamente en su uso y su funcionalidad, por lo que en el presente trabajo investigativo se pretende dar a conocer sus características, arquitectura, ventajas, desventajas, demás componentes del sistema, realizando un estudio mucho más amplio, en la emigración de GSM de su segunda Generación (2G) a la Tercera (3G) y de ésta a la Cuarta Generación (4G), que ya se empieza a perfilar.

1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de la tecnología GSM, de tercera y cuarta generación, a través de la recopilación de información y fichas bibliográfica acerca del sistema, con el fin de lograr un mayor conocimiento y construir una herramienta investigativa fundamental acerca del tema.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las características físicas y técnicas del sistema GSM, componentes principales, a través de la recopilación de datos, con el fin de establecer ventajas y desventajas del sistema.
- Realizar análisis comparativos de los diferentes sistemas GSM (primera, segunda, tercera y cuarta generación), con el fin de establecer las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos.
- Determinar las ventajas y/o desventajas de la tecnología GSM, con el objeto de contribuir a la toma de decisiones del usuario de los sistemas móviles

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y TÉCNICAS DEL SISTEMA GSM

2.1 SISTEMAS CELULARES

Antes de introducir al lector en la tecnología GSM, es necesario que se posea el conocimiento de los que son los sistemas celulares y cómo funcionan éstos.

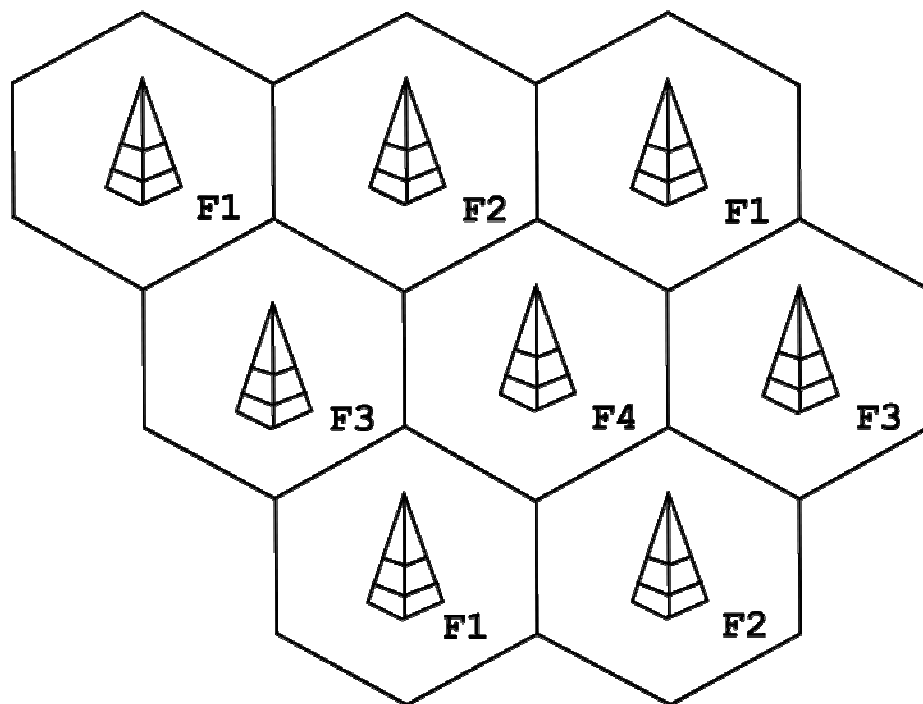
La telefonía móvil consiste en ofrecer un acceso a vía radio a un abonado de telefonía, de tal forma que éste pueda realizar y recibir llamadas dentro del radio de cobertura del sistema. Los sistemas celulares incorporan la ventaja de dividir el área de cobertura en células, lo cual, limitando convenientemente la potencia con que se emite cada frecuencia, permite la reutilización de las mismas a distancias bastante cortas y, por lo tanto, aumentar tremendamente la capacidad de los sistemas. Por tanto, un sistema celular consta de una serie de células, cubiertas cada una por un sistema de radio que permite la conexión de los terminales móviles al sistema o estación base, y un sistema de conmutación o centro de servicios móviles que permite la interconexión entre las estaciones base y la conexión del sistema a la red de conmutación pública¹.

Una Red de Celdas, es una red formada por celdas de radio (o simplemente celdas) cada una con su propio transmisor, conocidas como estación base. Estas celdas son usadas con el fin de cubrir diferentes áreas para proveer cobertura de radio sobre un área más grande que el de una celda. Las redes de celdas son inherentemente asimétricas con un conjunto fijo de transceptores principales, cada uno sirviendo una celda y un conjunto de transceptores distribuidos (generalmente, pero no siempre, móviles) que proveen servicio a los usuarios de

¹ Sistemas DE celulares móviles y PCS. <http://rincondelvago.com/sistemas-de-comunicaciones-de-moviles-y-ordenadores>

la red. El requerimiento principal de una red en el concepto celular es encontrar una manera de que cada estación distribuida distinga la señal de su propio transmisor de la señal de otros transmisores²

Figura 1. Reutilización de frecuencia en una red celular.



Fuente: Red de Celdas. www.es.wikipedia.org/wiki/Red_de_celdas

En la figura 1 muestra la reutilización de frecuencias en una red celular (en este caso 4 frecuencias son utilizadas). La figura es una representación idealizada con celdas perfectamente ortogonales. Ocho celdas separadas son mostradas una junto a la otra. La primera celda en la esquina superior izquierda utiliza la frecuencia 1. Las celdas que están contiguas utilizan las frecuencias 2 y 3. Después de éstas otra utiliza la frecuencia 1. Esta frecuencia nunca será reutilizada por los vecinos directos repetidos a lo largo del diagrama. El patrón de reutilización de frecuencias muestra un ejemplo típico de un sistema celular digital

² Red de Celdas. www.es.wikipedia.org/wiki/Red_de_celdas

(por ejemplo GSM). Para sistemas analógicos anteriores un patrón de reutilización mayor (7 o mas) es más usual.

El requerimiento principal de una red en el concepto celular es encontrar una manera de que cada estación distribuida distinga la señal de su propio transmisor de la señal de otros transmisores. Hay dos soluciones a esto, acceso múltiple por división de frecuencias (FDMA del inglés Frequency Division Multiple Access) y multiplexación por división de código (CDMA del inglés Code Division Multiple Access). FDMA funciona usando frecuencias diferentes entre celdas vecinas. Encontrando la frecuencia de la celda elegida las estaciones distribuidas pueden descartar las señales de las celdas vecinas. El principio de CDMA es más complejo, pero consigue el mismo resultado; los transceptores distribuidos pueden seleccionar una celda y escucharla. Otros métodos disponibles de multiplexación como la de acceso múltiple por división de polarización (PDMA del inglés Polarisation Division Multiple Access) y acceso múltiple por división de tiempo (TDMA del inglés Time Division Multiple Access) no pueden ser usados para separar las señales de una celda con la de su vecina ya que los efectos varían con la posición y esto hace que la separación de la señal sea prácticamente imposible. TDMA sin embargo es usado en combinación con FDMA o CDMA en algunos sistemas para otorgar múltiples canales entre el área de cobertura de una sola celda³.

2.2 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS SISTEMAS CELULARES

Los sistemas de telefonía celular han ido avanzando con el tiempo, cada uno con características específicas, dentro de estos sistemas se encuentra el NMT-450, el cual funciona en la banda 450 MHz, posteriormente aparecen las normas TACS y

³ Red de celdas. es.wikipedia.org/wiki/Red_de_celdas es.wikipedia.org/wiki/Red_de_celdas

AMPS, similares entre ellas que funcionaban en la banda de 900 MHz. Sistemas que han dominado el mercado durante muchos años⁴.

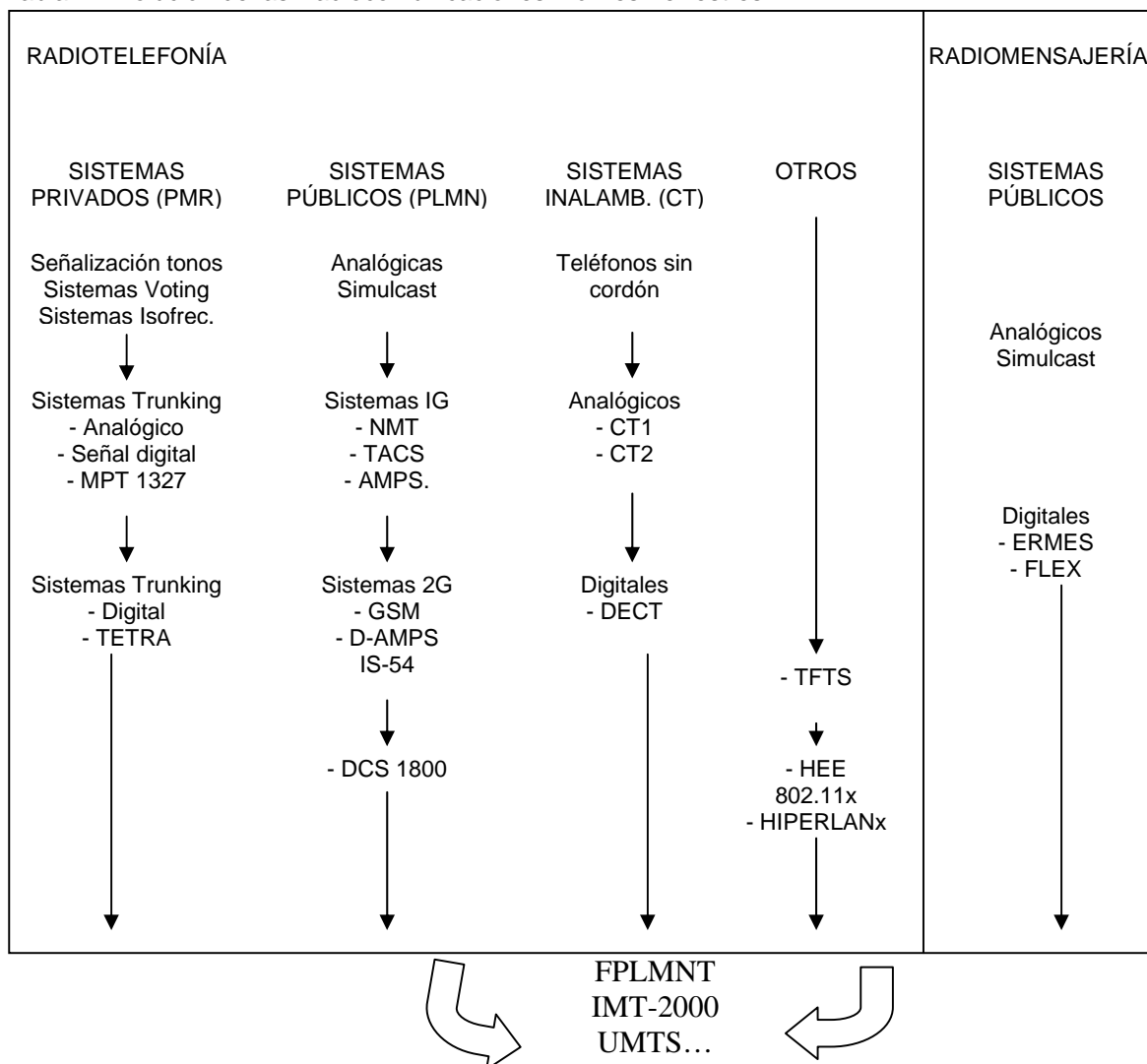
Todos estos sistemas, se caracterizan por la utilización de una interfaz radioanalógica, las que a pesar de seguir especificaciones más o menos públicas, las implementaciones, son propietarias, es decir, no es posible interconectar, no existiendo la posibilidad de seguimiento internacional. Esto en conjunto con la posibilidad de que se agotara la capacidad de los sistemas, dio inicio a estudio para la implementación de un sistema digital⁵.

Paralelo al GSM, se han definido otros dos sistemas de telefonía móvil digital, sin embargo GSM es la más avanzada y su crecimiento se ha dado a nivel mundial. Dentro del Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones, GSM se encuentra en la banda de 1800MHz., donde el aumento de la capacidad ofrecida se basa en la posibilidad de una mejor planificación celular con una mayor reutilización de las frecuencias, así como en la futura existencia de canales codificados a velocidad mitad, que permitirá duplicar la capacidad del sistema con idéntica ocupación del espectro radio eléctrico.

⁴ RODRÍGUEZ, Palma Miguel A.; PÉREZ, Suárez Juan B.; GARCÍA, Catón Eduardo A. y URBÁN, Gómez Rosendo. Telecomunicaciones móviles. Serie Mundo Electrónico. 2ª edición. Editorial Alfaomega. Marcombo. México. Pág. 86 - 87

⁵ Ibíd

Tabla 1. Evolución de las Radiocomunicaciones Móviles Terrestres



Fuente: Fundamentos de los Sistemas de Comunicaciones Móviles

Como se puede observar en el tabla 1, la evolución de las radiocomunicaciones móviles en lo que respecta a las redes terrestres, la primera generación de sistemas móviles (hasta 1994) estaba dominada por sistemas analógicos como el Sistema de Comunicación de Acceso Total (TACS), el Sistema Americano de Telefonía Móvil (AMPS), el Sistema Japonés de Telefonía Móvil (JMPs), etc.

En cuanto a los sistemas basados en satélites, las características básicas son el haz de cobertura global (cada satélite ilumina toda la superficie terrestre que está en su campo de visión) y el gran tamaño de los terminales portátiles. Destaca particularmente, por su enorme popularidad, la organización INMARSAT (International Maritime telecommunication Satellite) que, en banda-L, cuenta con aproximadamente 30000 terminales en todo el mundo. Los principales usuarios son marítimos (INMARSAT-A), y utilizan satélites GEO.

Al comienzo de los años 80, la organización Qualcomm lanzó el servicio Omnitrac tanto en Norteamérica (con satélites GSTAR) como en Europa (con satélites EUTELSAT). Proporcionaban servicios de mensajes bidireccionales e información de posición automática (APR) mediante medidas tomadas un par de satélites GEO en la banda Ku (14-12 Ghz). El mercado al que va dirigido este servicio, es el de la industria del transporte en carretera, y aproximadamente 45000 camiones se equiparon al final de 1993 con terminales Qualcomm, el 90% de los cuales fueron vendidos en USA y sólo un 10% en Europa. El crecimiento fue mucho menor del esperado, sobre todo en Europa, a causa del alto coste de los equipos y de la expectación suscitada por la segunda generación de MSS, concretamente por la red europea GSM. Esta limitación del crecimiento también es aplicable a los servicios de INMARSAT.

'Telepoint' y algunos sistemas de telefonía inalámbrica como CT2 ('Cordless Telephone 2'), CT3, DECT ('Digital European Cordless Telephone'), sistemas "busca" como ERMES ('European Radio MESSaging System'), redes celulares como GSM, DCS-1800 ('Digital Cellular System - 1800 Mhz) o redes de comunicaciones personales (PCN's), son algunos ejemplos de la segunda generación de sistemas móviles basados en redes terrestres, en servicio desde 1994. Todos ellos se distinguen por estar diseñados y optimizados para un segmento específico del mercado (caracterizado esencialmente por una determinada densidad de tráfico). Así, los sistemas de telefonía inalámbrica y

'Telepoint' están diseñados para ofrecer telefonía móvil en entornos con una muy elevada densidad de tráfico: zonas residenciales, edificios, transporte público, etc. Las redes celulares como GSM, dominan el mercado de las zonas urbanas, suburbanas y rurales (densidad de tráfico media-alta).

Los sistemas vía satélite de segunda generación se caracterizan básicamente por el empleo de múltiples haces. Persiguen un segmento de mercado en el cual las redes terrestres no son competitivas, bien porque la densidad de tráfico es muy baja (desiertos,...), o porque simplemente las redes terrestres no son realizables (servicios marítimos y aeronáuticos) o bien porque no es económicamente viable implantarlas (Tercer Mundo). Se advirtió que la clave para mejorar la penetración de los satélites en el mercado era la reducción de tamaño y del coste de los terminales de usuario, la reducción de las tarifas y la compatibilidad con los sistemas terrestres⁶.

2.3 TECNOLOGÍA GSM

La tecnología GSM, es un sistema global para comunicaciones globales, como su nombre lo indica se trata de lograr una comunicación clara sin interceptaciones con todos los países del mundo, pretendiendo lograr, a través de ella un roaming internacional, por ser una tecnología satelital. La diferencia entre la tecnología GSM y las otras tecnologías del mundo es que posee funciones mucho más desarrolladas y completas, pudiendo incluso enviar pequeños archivos, como fotos, mensajes de voz, timbres o sonidos⁷.

Los teléfonos GSM, conocidos también como teléfonos de Tercera Generación, ofrecen transmisión de video en línea, acceso a Internet a alta velocidad, y en general la calidad y capacidad, es mucho mayor que en los demás, desarrollando

⁶ Evolución histórica. www.upv.es/satelite/trabajos/pract_6/historia.htm

⁷ Sistema Global para las Comunicaciones Móviles.
es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Global_para_las_Comunicaciones_Móviles

una tecnología mucho más confiable y segura, con el fin de evitar riesgos por el uso de celulares.

La tecnología GSM, ofrece ventajas de cobertura, por encontrarse disponible en más de 210 países y territorios del mundo, pudiendo tener acceso a servicios de voz de alta calidad y servicios optimizados, como el de mensajería de texto, dándole cobertura, a través del mismo dispositivo móvil y número telefónico en toda América y el resto del mundo. Su gran volumen de terminales, se traduce en una amplia selección de dispositivos con diversas funciones y precios. Gracias a una prestación singular e innovadora, llamada tarjeta módulo de Identidad del Abonado (SIM), los clientes pueden cambiar de dispositivo GSM en forma fácil y rápida, pudiendo a su vez cambiar de operador y mantener su teléfono celular.

La economía de escala, con el requerimiento de grandes volúmenes de terminales e infraestructura, atrae a los proveedores y desarrolladores de aplicaciones al tiempo que reduce los costos, pudiendo ofrecer precios más competitivos en servicios lo que reduce los costos, ofreciendo precios más competitivos para sus servicios.

La infraestructura y los dispositivos GSM están disponibles para las bandas de espectro más populares, entre ellas las de 850 y 1900 MHz, lo que presenta múltiples opciones de despliegue para los operadores a fin de satisfacer sus necesidades de espectro y de mercado. GSM utiliza el espectro de manera eficiente y provee siete veces mayor capacidad que la tecnología analógica o "AMPS", que es una tecnología de primera generación (1G). EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution, Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM), junto con optimizaciones tales como el Codec Adaptativo a Múltiples Velocidades (AMR), proveen un incremento adicional de casi tres veces más llamadas de voz simultáneas que la tecnología GSM básica. Éste es el primer paso de una migración fluida, flexible y costo-efectiva a 3G. Cada paso

subsiguiente aprovecha el paso anterior y provee compatibilidad en sentido regresivo, lo que preserva tanto las inversiones como los clientes a lo largo de la migración. Las normas que rigen la capacidad de actualización y la interoperabilidad de GSM están coordinadas y respaldadas por organizaciones internacionales clave tales como el Proyecto de Asociación para la Tercera Generación (3GPP) y 3G Américas⁸.

La llegada de la segunda generación de telefonía móvil fue alrededor de 1990 y su desarrollo deriva de la necesidad de poder tener un mayor manejo de llamadas en prácticamente los mismos espectros de radiofrecuencia asignados a la telefonía móvil, para esto se introdujeron protocolos de telefonía digital que además de permitir más enlaces simultáneos en un mismo ancho de banda, permitían integrar otros servicios, que anteriormente eran independientes, en la misma señal, como es el caso del envío de mensajes de texto o Paging en un servicio denominado Short Message Service o SMS y una mayor capacidad de envío de datos desde dispositivos de fax y modem⁹.

El primer paso de la migración de un operador GSM a 3G consiste en el despliegue de GPRS, una tecnología basada en IP que transmite datos en paquetes a velocidades de hasta 115 kbps. Luego de GPRS, el operador puede decidir desplegar EDGE y luego UMTS/HSDPA o bien pasar directamente de GPRS a UMTS/HSDPA, dependiendo de su plan de negocios y las condiciones del mercado. Con cualquiera de las dos opciones, la familia de tecnologías GSM representa un camino de migración a 3G fluido y costo-efectivo¹⁰.

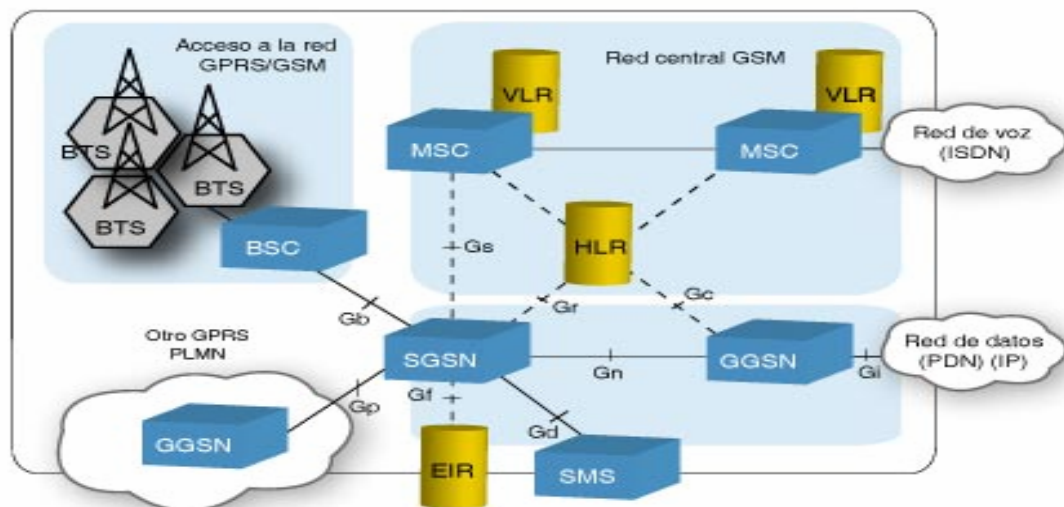
⁸ GSM Preguntas y respuestas. Julio 16 de 2005.. www.laneros.com/archive/index.php/t-39620.html

⁹ *Ibíd.*

¹⁰ *Ibíd*

2.3.1 Arquitectura De Una Red GSM. En la figura 2, los principales componentes de una red GSM, la cual está compuesta por el BTS, los BSC, la Estación Móvil o MS. En la arquitectura básica del sistema GSM, se pueden distinguir los principales bloques que lo constituyen. Una celda es formada por el área de radio cubierta por una Base Station (BS) también conocida como Base Transceiver Station (BTS). Un conjunto de varias BTS es controlado por un Base Station Controller (BSC), y el grupo de BTS más el BSC se llama Base Station Subsystem (BSS). El tráfico combinado de los móviles en sus respectivas celdas es encaminado hacia el "cerebro" de la red o el Mobile Switching Center (MSC). El MSC se encarga de hacer la conmutación de llamadas interfaz con otras redes móviles o fijas para mantenerse informado de la ubicación del móvil en la red. El MSC sólo procesa llamadas de voz.

Figura 2. Arquitectura de Red GSM



Fuente: www.esemanal.com.mx/articulos.php

En el MSC existen varias bases de datos que son utilizadas para el control de llamadas y administración de red. Entre ellas están el Home Location Register (HLR), el Visitor Location Register (VLR) y el Equipment Identity Register (EIR). El HLR almacena toda la información permanente de cada suscriptor de la red y

también alguna información temporal, como su ubicación. El VLR es responsable por un conjunto de BSS que forman una Location Area (LA) y almacena los datos de los suscriptores que se encuentran en su área de responsabilidad. Esto incluye datos que fueron copiados del HLR para acceso más rápido y otra información temporal que sólo es relevante en su área local. El EIR almacena datos sobre los equipos móviles y es utilizado normalmente para combatir fraudes, manteniendo, por ejemplo, el listado de equipos clonados.

En GSM se distingue usuario y equipo Terminal (teléfono) explícitamente. Además del número de teléfono y serial del equipo Terminal, existen otros identificadores o direcciones que son utilizados para la administración de la ubicación o direccionamiento de otros elementos de red.

Así tenemos el International Mobile Station Equipment Identity (IMEI), que es como el número serial de la Terminal y es único a nivel mundial. El IMEI es colocado en cada teléfono por el fabricante y normalmente puede ser cambiado por software, por lo que no es muy utilizado en mecanismos de seguridad. Cada suscriptor de la red es identificado por el International Mobile Subscriber Identity (IMSI) y es almacenado en el smart card, o Subscriber Identity Module (SIM) del teléfono. El IMSI es como el serial del SIM y es creado por la operadora del móvil, no el fabricante. El IMSI no puede ser cambiado por el usuario por lo que puede ser utilizado para mecanismos de seguridad. En GSM un terminal móvil sólo puede ser utilizado si un SIM con un IMSI válido es introducido en un equipo con un IMEI también válido. El número de teléfono real o el Mobile Subscriber ISDN (MSISDN) es atribuido a cada suscriptor y almacenado en el SIM.

La integración de los servicios GPRS a la red GSM requiere el upgrade de algunos elementos existentes como el HLR y VLR así como la introducción de dos nuevos elementos que se llaman GPRS Support Nodes (GSN). El Serving GPRS Support Node (SGSN) es responsable por la entrega de paquetes a los móviles en su área

de servicio, haciendo ruteo de paquetes, registro y ubicación. Se encarga también de hacer el handoff a otro SGSN cuando el móvil sale de su área de cobertura y entra en el área de otro SGSN.

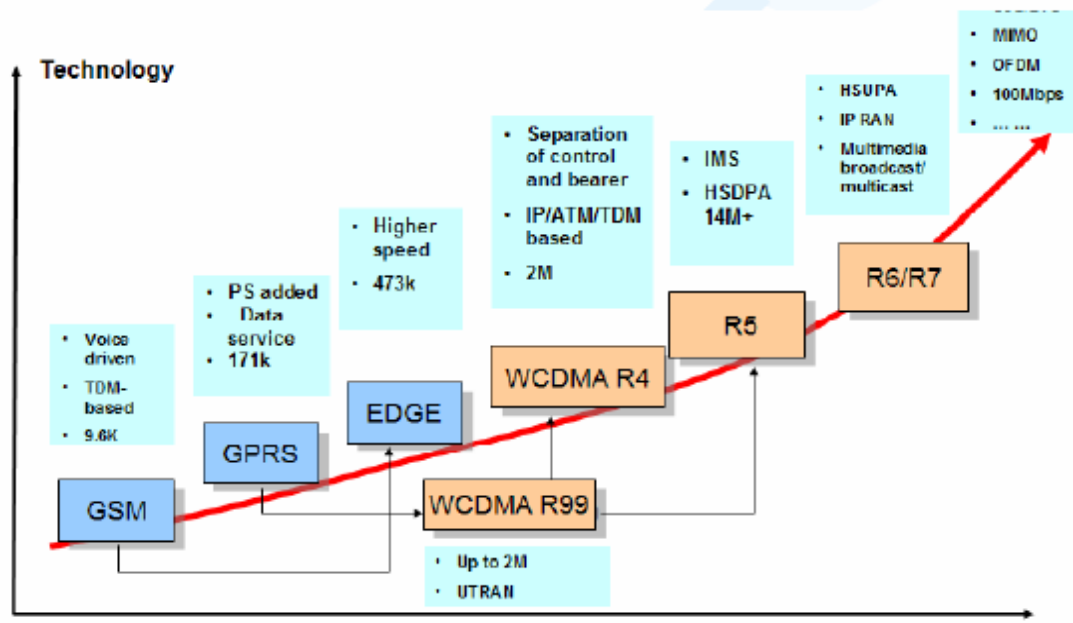
El Gateway GPRS Support Node (GGSN) es la interfaz entre la red GPRS y las redes de datos externas, convirtiendo los paquetes que provienen del SGSN en el formato de protocolo apropiado para la red con la cual el usuario desea comunicarse. Otra responsabilidad del GGSN es la facturación de servicios al usuario. Por lo general un GGSN puede ser la puerta a otras redes, de varios SGSN y cada SGSN puede enviar paquetes a varios GGSN, dependiendo de la aplicación que se desee utilizar¹¹.

OMC (Centro de operación y mantenimiento), la cual es utilizada en el desarrollo de las funciones de operaciones y mantenimientos propias del sistema. El MS (estación móvil), Terminal de usuario/teléfono móvil; BTS (Estación transceptora base); BSC (Controlador de estación base), para coordinar la transferencia de llamadas entre distintas BTS, BSC, que genera el interfase de señalización con el MSC, denominado interfase A.

¹¹ La siguiente tecnología. www.esemanal.com.mx/articulos.php

2.3.2 TECNOLOGÍA GSM, SEGÚN SU UTILIZACIÓN EN CADA PASO DE LA MIGRACIÓN 3G.

Figura 3. Migración de productos hacia capacidades de tercera generación.



Fuente: www.coit.es/publicac/publbit/bit117/datos6.html

La figura 3, muestra un resumen de los trayectos de migración y la nueva línea de productos UMTS. Una red combinada GSM / UMTS puede contener una mezcla de productos migrados y no migrados junto con nuevos productos UMTS. Una puerta de medios colocalizada o un controlador de red de radio da las funciones de transconmutación en la línea de productos de migración opcional.

TDMA (Time Division Multiple Accesses): Es una tecnología inalámbrica de segunda generación (2G) que brinda servicios de alta calidad de voz y datos de conmutación de circuitos en las bandas más usadas del espectro, lo que incluye las de 850 y 1900 MHz. TDMA es una tecnología digital o "PCS" que también se conoce como ANSI-136 ó IS-136, por las normas que definen sus características. TDMA divide un único canal de radiofrecuencia en seis ranuras de tiempo. A cada persona que hace una llamada se le asigna una ranura de tiempo específica para

la transmisión, lo que hace posible que varios usuarios utilicen un mismo canal simultáneamente sin interferir entre sí. Este diseño hace un uso eficiente del espectro y ofrece una capacidad tres veces mayor que la tecnología analógica o "AMPS", que es de primera generación (1G). TDMA ofrece una ruta probada hacia la 3G a través del despliegue de GSM/GPRS, EDGE y/o UMTS (WCDMA)¹².

Los operadores de TDMA pueden ofrecer, hoy, servicios de tercera generación (3G) desplegando una combinación de tecnologías GSM/GPRS, EDGE y/o UMTS/HSDPA, dependiendo de factores tales como los modelos de negocios del operador y las exigencias del mercado. La opción más elegida ha sido la de liberar capacidad en una red TDMA para una nueva red GSM/GPRS desplegando una red superpuesta en el espectro existente de un operador. Este enfoque significa que la red TDMA continúa atendiendo a los clientes, mientras que la nueva red superpuesta ofrece una amplia gama de innovadores servicios de datos, incluyendo Mensajería Multimedia (MMS), descarga de archivos, acceso al e-mail corporativo y navegación rápida por Internet. El despliegue de la red GSM/GPRS incluye la incorporación de infraestructura basada en el Protocolo de Internet (IP) para dar soporte a datos en paquetes. Dicha infraestructura constituye la base para la migración de los operadores de TDMA hacia la 3G ya que es reutilizada en pasos de migración posteriores, como EDGE y UMTS/WCDMA. Cada paso de la migración GSM hacia la 3G es coordinado y apoyado por grupos como el Proyecto Conjunto de Tercera Generación (3GPP) y 3G Americas¹³.

Además de ello se utiliza una tecnología de datos en paquetes que les permite a los operadores GSM lanzar servicios de datos inalámbricos (correo electrónico e internet). Como resultado de ello, GPRS les brinda a los operadores la capacidad de utilizar los servicios de datos para obtener facturación adicional y competir por servicios en lugar de precio exclusivamente. A GPRS a menudo se la llama una

¹² Unificando las Américas por tecnologías inalámbricas. TDMA Acceso múltiple por división del tiempo. www.3gamericas.org

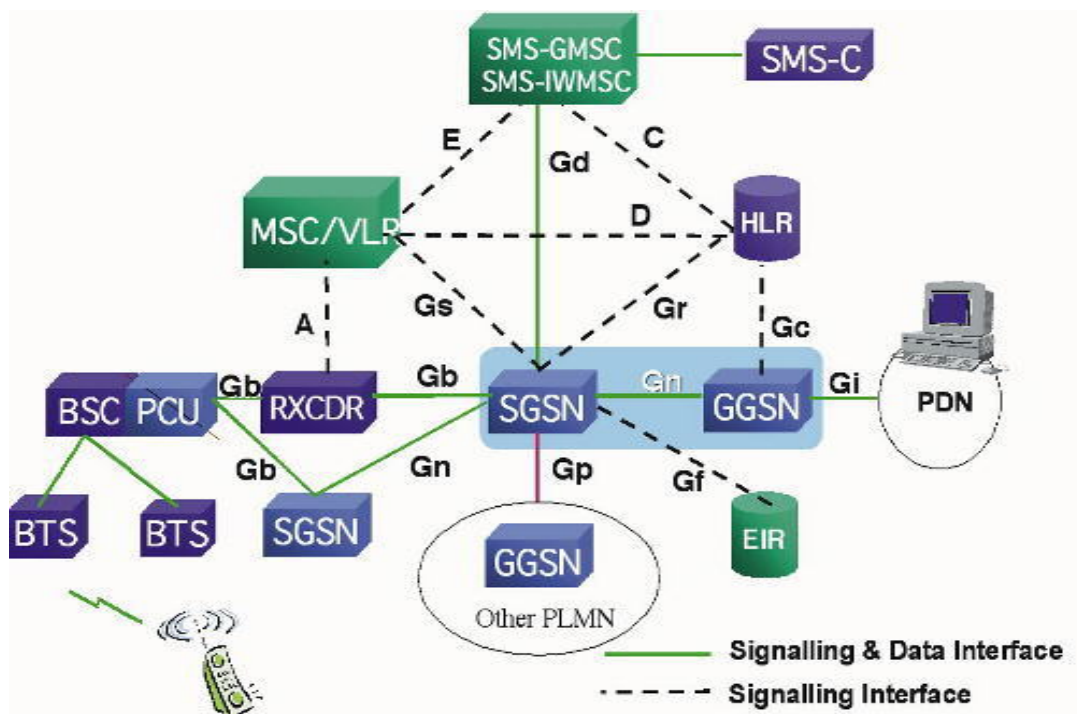
¹³ *Ibíd*

tecnología de "2,5G" porque es el primer paso que da un operador GSM hacia la tercera generación (3G).

Los nodos GSM, son los responsables de la conmutación y el encaminamiento de los paquetes entre los terminales móviles (MS) y las redes de datos externas (PDN). Estos nodos interoperan estrechamente con el HLR (Home Location Register), MSC/VLR (Mobile services Switching Center/Visitor Location Register) y BSS (Base Station Subsystem) pertenecientes a la red GSM. Entre los nodos GSM, como se muestra en la figura 4, se encuentra el nodo GPRS, BSC, y RXCDR, GGSN.

Como puede apreciarse GPRS no utiliza las centrales de conmutación GSM (MSC/VLR) para el transporte de datos, sino que las estaciones base de radio están directamente conectadas a la red IP a través de dos nuevos tipos de servidores, también denominados nodos GSN (GPRS Support Nodes): el SGSN (Serving GPRS Support Node) y el GGSN (Gateway GPRS Support Node). Para el transporte de voz se siguen utilizando los mecanismos GSM analizados.

Figura 4. Diagrama que muestra los nodos que GPRS añade a la red GSM



Fuente: www.coit.es/publicac/publbit/bit117/datos6.html

Y los elementos de la Red GPR, son: el SFSN (Serving GPRS Support Node): Nodo de conmutación de paquetes. BG (Border Gateway: Nodo pasarela que realiza la interfaz entre backbones GPRS de distintas operadoras

GGSN (Gateway GPRS Support Node) Nodo pasarela que realiza la interfaz entre el backbone GPRS y las redes externas de datos.

CG (Charging Gateway): Su función principal es recoger los CDRs (Call Detailed Records) generados por los SGSNs y GGSNs.

DNS (Domain Name System): Realiza la traducción de nombres lógicos de dominio en direcciones

FW: Elemento común de las redes de datos formado por un sistema o un conjunto combinado de sistemas que crean una barrera de seguridad entre dos redes.

LIG: Pasarela de percepción legal en la cual se almacena tráfico de usuarios bajo sospecha durante un período temporal.

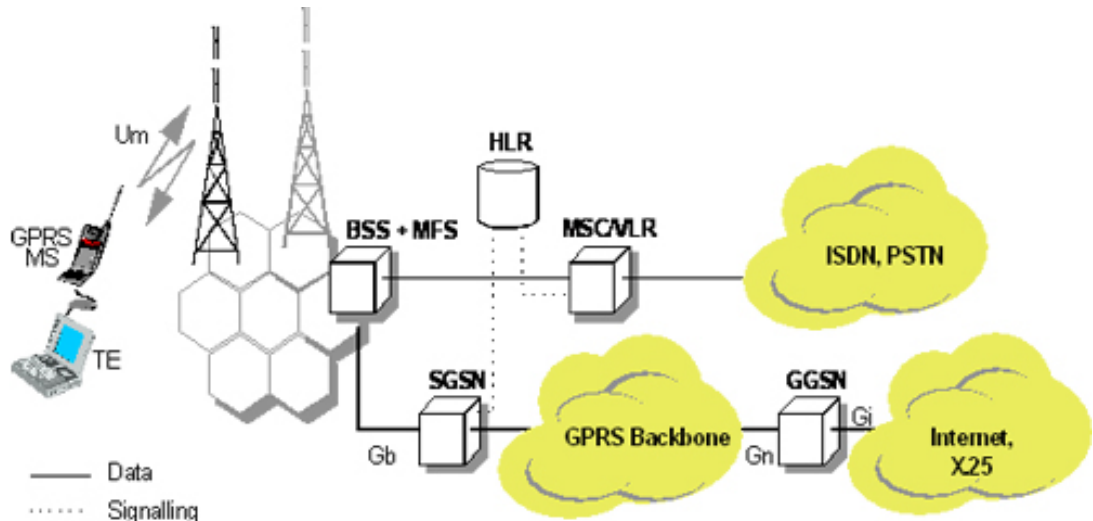
Si bien GPRS es una tecnología de datos exclusivamente, contribuye a mejorar la capacidad de voz de GSM. Cuando un operador implanta GPRS, también puede actualizar a un nuevo tipo de codificador de voz que convierte la voz en señales digitales antes de pasar por la red inalámbrica. GPRS da soporte a velocidades de descarga de datos de hasta 115 kbps, con velocidades promedio de 40-50 kbps, lo que es comparable con otras tecnologías de 2,5G, tales como CDMA2000 1X. Las velocidades de GPRS son suficientes para habilitar aplicaciones como Multimedia Messaging Service (MMS).

GPRS es el primer paso que dan los operadores GSM para introducir servicios de datos inalámbricos. Se construye sobre la plataforma de red de GSM, de modo que los operadores pueden aprovechar su infraestructura existente, como estaciones base y Centros de Conmutación Móvil (MSC). El núcleo de GPRS también sirve como base para todos los pasos subsiguientes hacia la 3G. Por ejemplo, cuando los operadores implantan EDGE y UMTS/HSDPA, reutilizan elementos centrales de GPRS como los nodos de soporte del Gateway GPRS (GGSNs). Este diseño asegura que cada paso en la migración a 3G sea homogéneo y costo-efectivo.

La misma arquitectura del BSS para servicio de conmutación de circuitos es utilizada para brindar servicios GPRS. Los servicios basados en conmutación de paquetes son enrutados a través de las interfaces Gb y Gn hacia el SGSN y el GGSN antes de interconectarse a la Red de Paquetes de Datos (PDN) con terminaciones ATM e IP. El HLR mantendrá la información de usuarios específicos

así como mapeos IMSI hacia una o varias direcciones de otras red de paquetes de datos (como se establece en la figura 5).

Figura 5. Arquitectura general de una red GPRS



Fuente: <http://www.mailxmail.com/curso/informatica/gsm/capitulo6.htm>

El impacto que GPRS ocasiona en GSM, es:

EN MSC/VLR: Nueva interfaz opcional de GS, para evitar el uso de canales cuando un móvil no está localizable. Aumento del tráfico de señalización y aparición de nuevos nodos en la red (SGSNs, GGSNs).

La tecnología EDGE cumple con las demandas de la Tercera Generación (3G) para el envío de datos inalámbricos a gran velocidad y el acceso a Internet. Ofrece a los operarios un servicio 3G económico y espectralmente eficiente para el sistema de bandas actuales. Es un estándar 3G aprobado por la ITU, y está respaldado por el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI), la Asociación de GSM (GSMA), el Proyecto Conjunto de Tercera Generación (3GPP) y 3G Americas. Siete operarios principales en el continente americano,

que representan a más de 60 millones de abonados a 2G hasta el cuarto trimestre del 2001, han anunciado despliegues de EDGE. Esta tecnología envía datos, servicios de multimedia y aplicaciones a gran velocidad (tan altas como 473 kbps) y provee una eficiencia espectral que es competitiva con cualquier otra tecnología en el mercado actual.

2.4 SISTEMAS MÓVILES DE TERCERA GENERACIÓN

Los sistemas Tercera Generación (3G) soportan velocidades de transmisión de 2 Mbps, su objetivo es superar las limitaciones técnicas de las tecnologías anteriores. La tercera generación está representada por la convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos. Estos empiezan a tomar forma bajo la cobertura global del nombre IMT-2000 y con la definición de sus primeras especificaciones de requisitos. Ya en 1992 se reservaron porciones de espectro electromagnético para los sistemas móviles de tercera generación, aunque con ligeras diferencias en según que continentes.

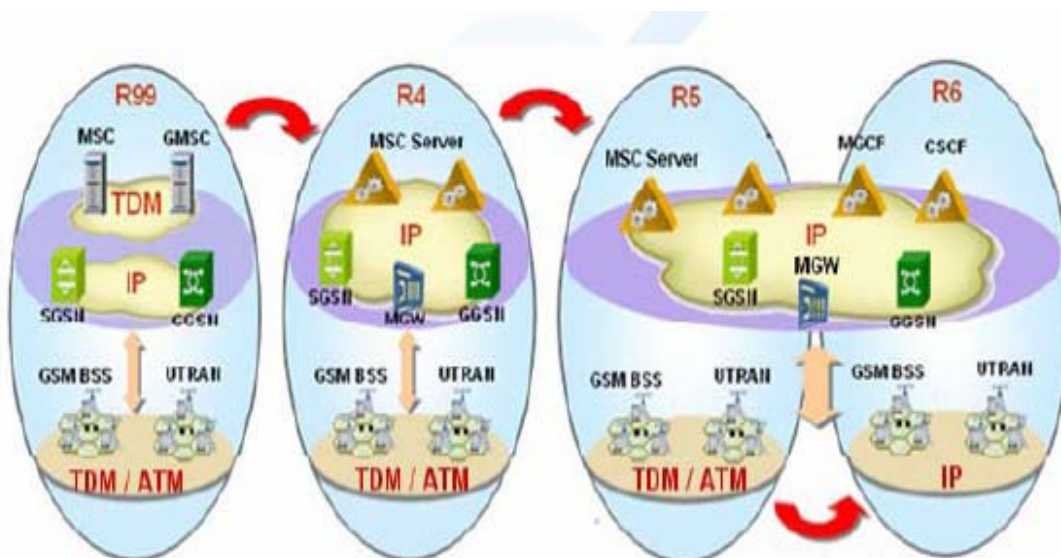
3GSM busca ofrecer servicios de tercera generación a nivel mundial. La tecnología en la cual los servicios 3GSM serán ofrecidos esta soportada en la tecnología GSM con una interfase Wideband-CDMA (CDMA de banda ancha), la cual esta siendo desarrollada como un estándar abierto a los operadores. Actualmente, más del 85% de los operadores mundiales han escogido la plataforma 3GSM para ofrecer sus servicios de comunicación inalámbrica de tercera generación.

Mayores Velocidades de Datos para la Evolución GSM (EDGE) constituye una tecnología de tercera generación (3G) que provee servicios de datos en paquetes a alta velocidad, tales como el acceso a Internet y streaming multimedia. EDGE soporta velocidades de datos pico teóricas de 473 kbps, con un throughput promedio de 100-130 kbps. (Se espera que las próximas versiones, conocidas

como EDGE Evolution, soporten velocidades pico de descarga de hasta 1305 kbps.) Las velocidades promedio actuales son suficientemente elevadas como para respaldar una amplia gama de avanzados servicios de datos, que incluyen el streaming de audio y video, acceso veloz a Internet.

Si bien EDGE es una tecnología de datos, también ayuda a incrementar la cantidad de llamadas de voz que puede manejar una red simultáneamente enviando datos con 150% más de eficiencia que GPRS. Ya que EDGE transmite más datos en la misma cantidad de ancho de banda, la tecnología de codificación de voz o "vocoder" de la red de voz GSM puede actualizarse a una versión que se espera incrementará la capacidad de voz entre 15-20%.

Figura 6. Evolución de la red UTM



Fuente: Evolución de la Red

La UIT, el organismo que fija las normas de telecomunicaciones para uso mundial, aprobó a EDGE como norma de 3G en julio de 2000. Las implantaciones de EDGE usualmente sólo requieren software y tarjetas de canales adicionales para la infraestructura de la red GSM/GPRS existente. Puede implantarse en las

bandas más utilizadas en la actualidad: 850, 900, 1800 y 1900 MHz. La capacidad de implantar EDGE en su espectro existente significa que un operador puede lanzar servicios de 3G rápidamente, en más mercados y a un costo inferior que las tecnologías que requieren nuevo espectro.

UMTS, por su parte es una tecnología de voz y datos a alta velocidad que forma parte de la familia de normas de tecnología inalámbrica de tercera generación (3G) IMT-2000 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). CDMA de banda amplia (WCDMA) es la tecnología de radiocomunicaciones utilizada en UMTS. Es por eso que las siglas "UMTS" y "WCDMA" suelen utilizarse en forma indistinta.

UMTS está basada en tecnología del Protocolo de Internet (IP) y da soporte a voz y datos en paquetes a velocidades pico alcanzable por el usuario de 350 Kbps cuando el usuario está caminando o conduciendo. Está diseñada para dar soporte a aplicaciones intensivas en ancho de banda tales como streaming multimedia, transferencias de archivos grandes y video conferencia, así como también está diseñada para dar soporte a aplicaciones sensibles al retardo, tales como las Redes Privadas Virtuales (VPNs) y juegos en tiempo real con múltiples jugadores. Otros beneficios clave de UMTS son una alta eficiencia espectral para voz y datos, soporte para voz y datos simultáneamente, bajos costos de infraestructura, roaming global y una amplia selección de terminales y demás dispositivos para el usuario.

Entre los grupos de la industria que avalan a UMTS se cuentan la Asociación de Industrias y Empresas de Radio (ARIB) de Japón, el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI), la Asociación Mundial de Proveedores de Tecnología Móvil (GSA), la GSM Association, la UIT, el Third Generation Partnership Project (3GPP), 3G Americas y el UMTS Forum.

Funciona en una variedad de bandas del espectro, entre ellas las bandas de 850 MHz y de 1900 MHz existentes y las nuevas bandas de 1700/2100 MHz que se están subastando en los Estados Unidos y otros países del Hemisferio Occidental. Algunos dispositivos UMTS para el usuario que se encuentran a la venta en las Américas, tales como módems para PC, darán soporte a múltiples bandas de espectro, con lo que proveerán opciones de roaming adicionales. A lo largo de los años, la comunidad GSM trabajó para ampliar la norma UMTS de manera de que tuviera la capacidad de ser utilizada en bandas adicionales. Actualmente, la norma UMTS está disponible en todo el mundo para las bandas de 850, 900, 1700, 1800, 1900, 2100, y 2600 MHz. Además, se prevé que esta norma se amplíe para poder utilizarla en las bandas de 450 MHz y de 700 MHz.

Muchos operadores UMTS – tales como Cingular Wireless en los Estados Unidos – comenzaron a actualizar sus redes mediante la implantación de High Speed Downlink Packet Access (HSDPA). Esta tecnología incrementa las velocidades de descarga, disminuye la latencia, y mejora significativamente la capacidad de las redes UMTS. Permitirá, además proporcionar una gran variedad de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones móviles incluyendo características multimedia, personalización, y altas velocidades de transmisión (hasta 2Mbit/s). Los servicios de Internet también podrán ser ofrecidos, utilizando el protocolo WAP, y se dispondrá de un acceso optimizado a redes externas IP. UMTS podrá garantizar diferentes calidades de servicio (QoS). UMTS R'99 proporcionará al menos los siguientes teleservicios de GSM: llamadas de voz, llamadas de emergencia, y servicios de mensajes cortos punto a punto y en difusión. UMTS proporcionará mecanismos que garanticen la continuidad de los servicios en el caso de producirse un handover entre las redes de acceso GSM y UMTS. UMTS ofrecerá servicios portadores de datos con conmutación de circuitos, que permitirán el interfuncionamiento con la PSTN/ISDN, y servicios de datos con conmutación de paquetes (PS), que permitirán el interfuncionamiento con redes de de paquetes (redes IP, LANs). UMTS soportará terminales móviles en modo dual UMTS/GSM.

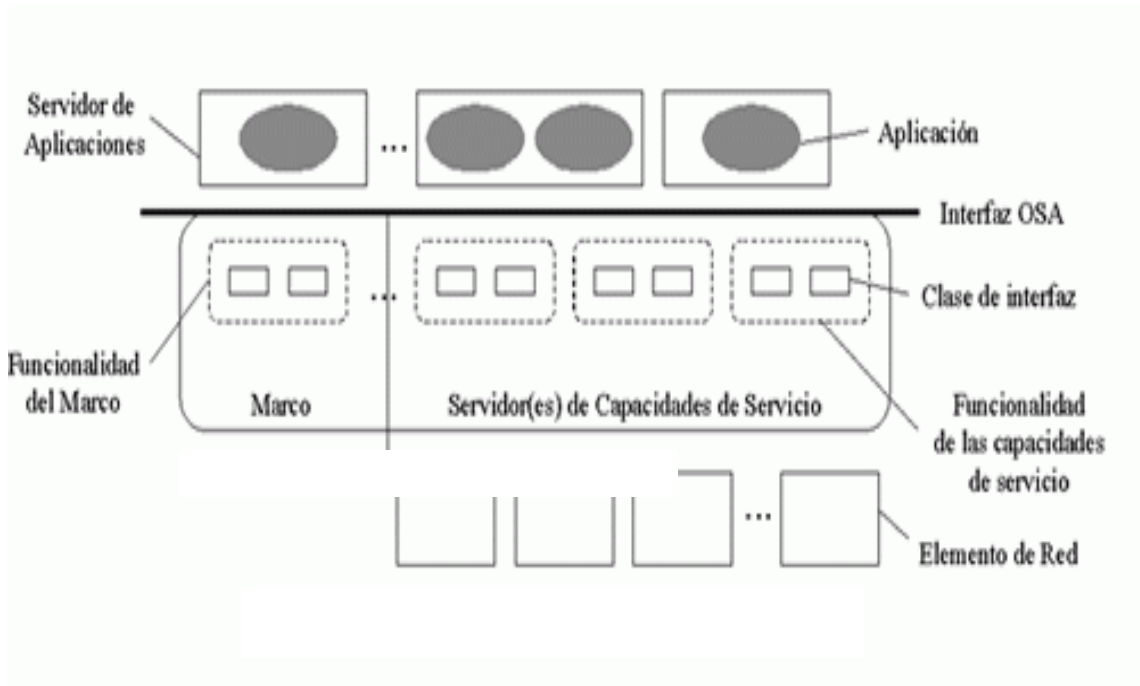
El objetivo de la estandarización de UMTS con respecto a los servicios es el de definir un marco en el que los servicios se puedan crear basados en las funcionalidades (features) de las capacidades de servicio estandarizadas. Por tanto, lo que se va a estandarizar son las capacidades de servicio (CAMEL, MexE, SAT) y no los servicios concretos. Dichas capacidades de servicio consisten de portadoras definidas con parámetros de QoS y los mecanismos necesarios para realizar los servicios. Estos mecanismos incluyen la funcionalidad proporcionada por varios elementos de red, la comunicación entre ellos, y el almacenamiento de los datos asociados. Estas capacidades estandarizadas proporcionarán una plataforma que permitirá el desarrollo de una gran variedad de servicios. Las funcionalidades (autenticación, autorización, control de sesiones, traducción de direcciones) de las capacidades de servicio disponibles son visibles a las aplicaciones a través de interfaces de aplicación estandarizadas.

La convergencia de las tecnologías de telefonía, comunicación de datos y de medios transformar todo el negocio de las telecomunicaciones. Los usuarios, operadores y suministradores quedaron afectados ya que una cantidad cada vez más creciente del flujo de información del mundo se cambia a la Internet. El tráfico de datos por la Internet habrá sobrepasado el tráfico de voz por las redes de telecomunicaciones a principios del año 2000, y es probable que este crecimiento resulte en un enorme aumento de los sistemas basados en Internet en general, y especialmente de datos sin hilos. En este ambiente que cambia estarán mirando los operadores y proveedores de servicios de telecomunicaciones a soluciones de red que facilitar en la futura introducción de una amplia gama de nuevos servicios. Ellos querrán poder explotar tecnologías nuevas manteniendo al mismo tiempo la base de clientes existente a la que se presta servicios por las redes de telecomunicaciones de hoy, con hilos y sin hilos. El desarrollo de accesos con hilos y sin hilos y la inclusión de tecnologías de acceso de radio de banda ancha de tercera generación ofrecen nuevas oportunidades por medio de la red de servicios múltiples de tercera generación que se encuentran en evolución.

UMTS define una Arquitectura de Servicios Abierta (OSA) y muy flexible para permitir a las aplicaciones hacer uso de las capacidades de la red. La OSA, mostrada en la figura 7, consta de tres partes: las aplicaciones, un marco (framework), y los SCSs. El marco proporciona a las aplicaciones los mecanismos básicos que permiten a estas hacer uso de las capacidades de servicio en la red. Algunos servicios del marco son la autenticación, registro, o descubrimiento de funcionalidades. El SCS proporciona a las aplicaciones los servicios de red (e.g. control de llamadas, transferencia de mensajes, posicionamiento) que son abstracciones de la funcionalidad de la red subyacente. Los servicios de red pueden ser proporcionados por uno o varios SCSs. El interfaz OSA es orientado a objetos y se especifica en términos de un número de clases de interfaces y sus métodos¹⁴.

¹⁴ Ibid

Figura 7. Arquitectura de Servicio Abierta de UMTS



Fuente: www.umtsforum.net/mostrar_articulos

Las aplicaciones pueden acceder a la red a través de la interfaz OSA especificada en la funcionalidad de red ofrecida a las aplicaciones está definida como un conjunto de las ya mencionadas funcionalidades de las capacidades de servicio en la interfaz OSA, que son soportadas por diferentes servidores de capacidades de servicio (SCS). Dichas funcionalidades proporcionan acceso a las capacidades de la red necesarias para desarrollar nuevas aplicaciones. De este modo, las aplicaciones son independientes de la tecnología de red subyacente. Las aplicaciones constituyen el nivel superior de la OSA. Dicho nivel se conecta con los SCSs a través del interfaz OSA. Los SCS establecen la relación entre el interfaz OSA y los protocolos específicos de telecomunicaciones subyacentes (MAP, CAP, H.323, SIP etc), logrando así ocultar la complejidad de la red a las aplicaciones. El objetivo de OSA es el de proporcionar una arquitectura escalable y extensible que permita la inclusión de nuevas funcionalidades y nuevos SCSs en

futuras versiones de UMTS con un impacto mínimo en las aplicaciones que utilizan el interfaz OSA¹⁵.

UMTS soportará el concepto denominado Entorno Propio Virtual (VHE) que permite disponer de un entorno de servicios personalizado y portable a través de fronteras de redes y entre terminales. De este modo, los usuarios disponen siempre de un interfaz de usuario personalizado (de acuerdo con las capacidades del terminal) y unos servicios personalizadas cualquiera que sea la red o Terminal que estén usando, y cualquiera que sea su posición. Un aspecto clave para soportar VHE es la posibilidad de construir servicios usando interfaces de aplicación estandarizadas.

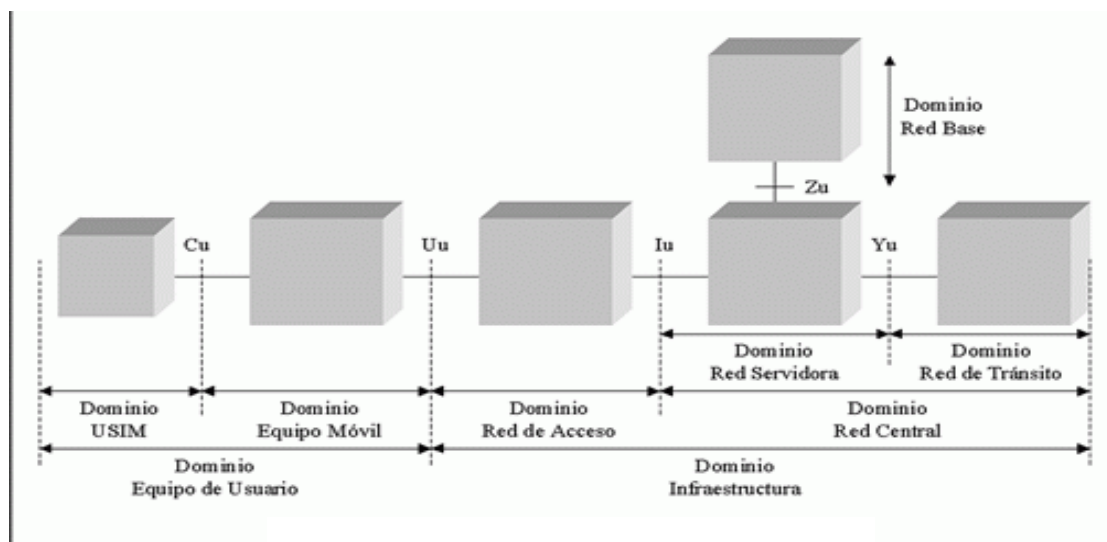
Los usuarios podrán expresar sus preferencias definiendo un Entorno Personal de Servicios (PSE) en términos de uno o varios perfiles de usuario. Cada perfil consta de datos relativos al interfaz (perfil del interfaz de usuario) y datos relativos a los servicios (perfil de servicios de usuario). El perfil del interfaz contiene información relativa al entorno de los menús (estructura de los menús, ubicación de los iconos), al entorno del terminal (tono de llamada y volumen, tipos de letra), y preferencias con respecto a la red (idioma utilizado en los anuncios). El perfil de servicios contiene una lista de los servicios contratados y referencias a las preferencias en cada uno de estos servicios, y el estado de los servicios (activado o desactivado). Las capacidades de servicio podrán acceder a los perfiles de usuario a través del denominado entorno base (home environment). Los perfiles de usuario pueden estar almacenados en la estación móvil (la SIM/USIM o el ME), y/o el entorno base. El entorno base es responsable de la autenticación del

¹⁵ HUÉLAMO. Platas Javier Visión Arquitectural de la Tercera Generación de Móviles UMTS. Centro de Investigación Corporativo de Alcatel en Madrid. (Artículo publicado en la Revista Española de Electrónica en Octubre de 2000). www.umtsforum.net/mostrar_articulos

usuario, emisión de SIM/USIM, la facturación y la gestión del VHE y los perfiles de usuario¹⁶.

La arquitectura general de UMTS, mostrada en la figura 8, se ha modelado en términos de dominios que son agrupaciones al más alto nivel entre entidades físicas, y puntos de referencia entre los dominios. La arquitectura UMTS se divide en dos dominios: el dominio del Equipo de Usuario (UE, User Equipment) y el dominio de la Infraestructura. Dichos dominios están conectados a través del interfaz radio denominado Uu¹⁷.

Figura 8. Dominios y Puntos de Referencia en UMTS



Fuente: www.umtsforum.net/mostrar_articulos

El UE puede incluir una tarjeta inteligente extraíble que puede usarse en diferentes tipos de terminales. El dominio de Equipo de Usuario se divide en: el dominio de Equipo Móvil (ME, Mobile Equipment) y el dominio del Modulo de Identidad de Servicios de Usuario (USIM, User Services Identity Module). El ME puede

¹⁶ Ibíd

¹⁷ Ibíd

subdividir en: la Terminación Móvil (MT, Mobile Termination) que realiza las funciones relacionadas con la transmisión radio, y el Equipo Terminal (TE, Terminal Equipment) que contiene las aplicaciones extremo a extremo. El USIM contiene datos y procedimientos que la identifican de forma segura y sin ambigüedad, y están normalmente incluidos en una tarjeta inteligente. Dicha tarjeta está asociada a un usuario que se puede identificar independientemente del ME usado; por tanto, UMTS, como GSM, soporta movilidad personal porque las llamadas van dirigidas a una identidad de un usuario y no de un terminal.

La infraestructura se divide en: el dominio de Red de Acceso (AN, Access Network), y el dominio de Red Central (CN, Core Network). Ambos dominios están conectados a través del interfaz Iu. Esta partición permite que la CN pueda estar conectada con ANs basadas en diferentes tecnologías de acceso; y que la CN pueda estar también basada en diferentes tecnologías. La AN específica de UMTS se denomina Red de Acceso Radio Terrestre UMTS (UTRAN). La CN puede subdividirse en: el dominio de Red Servidora (SN, Serving Network), el dominio de Red Base (HN, Home Network), y el dominio de Red de Transito (TN, Transit Network). La SN es la parte de la CN conectada a la AN, y representa las funciones de la CN que son locales al punto de acceso del usuario y por tanto su ubicación cambia cuando el usuario se mueve. La HN representa las funciones de la CN que son conducidas a una ubicación permanente independiente de la posición del punto de acceso del usuario; y es responsable de la gestión de información de subscripciones y datos de usuario. El USIM está relacionado con la subscripción en la HN. La TN es la parte de la CN ubicada en el camino de comunicación entre la SN y la parte remota.

Desde el punto de vista funcional, UMTS puede ser modelado en términos de estratos o grupos de protocolos relacionados con algún aspecto de los servicios proporcionados por uno o varios dominios. UMTS contiene los siguientes tipos de estratos:

Estrato de Transporte que soporta el transporte de datos de usuario y señalización de control de red. Como parte de este estrato, se puede citar el Estrato de Acceso que está encargado de gestionar el interfaz radio UMTS proporcionando servicios portadores de acceso radio a otros estratos, e incluye protocolos entre MT y AN, y entre AN y SN.

Estrato Servidor que soporta el encaminamiento y la transmisión de información desde la fuente a su destino; y incluye protocolos entre USIM y MT, entre MT y SN, y entre TE y MT.

Estrato Base que soporta la gestión de datos de subscripciones, la tasación, la facturación, la gestión de movilidad y la autenticación. Este estrato incluye protocolos entre USIM y HN, entre USIM y MT, entre MT y SN, y entre SN y HN.

Estrato de Aplicación que incluye protocolos extremo a extremo y funciones que hacen uso de los servicios proporcionados por el resto de los estratos, para soportar servicios y servicios de valor añadido para el usuario.

Arquitectura de Red UMTS R'99

La arquitectura de red UMTS R'99 ha sido definida para facilitar el proceso de migración desde las redes GSM/GPRS hacia UMTS. Dicha arquitectura incorpora la red de acceso GSM (formada por BSSs) y la red UTRAN (formada por RNSs), y la red central (CN) está diseñada como una evolución de la red GSM/GPRS. La CN incluye un dominio con conmutación de circuitos (CS) y un dominio con conmutación de paquetes (PS). Hay algunos componentes de red compartidos por ambos dominios. La figura 9 muestra la arquitectura de red UMTS R'99 cuyos componentes se describen a continuación.

Estación Móvil (MS, Mobile Station): Una MS es un UE y está compuesta por el equipo móvil (ME, Mobile Equipment) y la tarjeta de identificación de abonado UMTS (USIM).

Sistema de Estación Base (BSS, Base Station System): La Red de Acceso GSM consiste de uno o varios BSSs. El BSS realiza la asignación y liberación de recursos radio para permitir la comunicación con MSs en una cierta área. Un BSS está compuesto de un BSC, y uno o varios BTSs.

Controlador de Estación Base (BSC, Base Station Controller): El BSC es la entidad controladora de un BSS y se encarga del control general de los recursos radio proporcionados por uno o varios BTSs. El BSC se conecta al MSC a través del interfaz A y al SGSN a través del interfaz Gb.

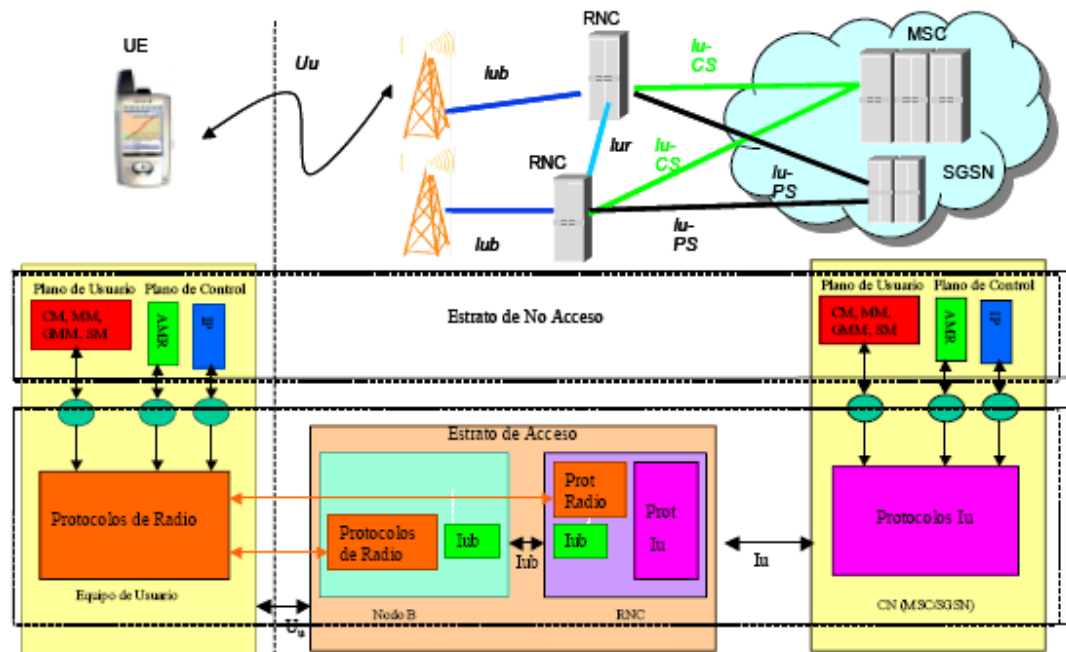
Estación Transceptora Base (BTS, Base Transceiver Station): Es el componente responsable de la transmisión/recepción radio hacia/desde MSs en una o más celdas GSM. Los BTSs se conectan a los BSCs a través de los interfaces A-bis y a las MSs a través de los interfaces Um.

Sistema de Red Radio (RNS, Radio Network System): La Red de acceso UTRAN está compuesta de uno o varios RNSs que pueden estar interconectados entre sí a través del interfaz Iur. El RNS realiza la asignación y liberación de recursos radio para permitir la comunicación con MSs en una cierta área. Un RNS está compuesto de un RNC, y uno o varios nodos B.

Controlador de Red Radio (RNC, Radio Network Controller): El RNC es la entidad controladora de un RNS y se encarga del control general de los recursos radio proporcionados por uno o varios nodos B. El RNC es responsable de las decisiones de handover que requieren señalización al MS. El RNC se conecta a la

CN a través del interfaz Iu. Hay un interfaz Iu para las aplicaciones CS denominado Iu-CS y otro para las aplicaciones PS denominado Iu-PS.

Figura 9. Arquitectura de Red UMTS R'99



Fuente: www.umtsforum.net/mostrar_articulos

Nodo B (Node B): Es el componente responsable de la transmisión/recepción radio hacia/desde MSs en una o más celdas UMTS. Un nodo B puede soportar el modo FDD, el modo TDD, o una operación en modo dual. Los nodos B se conectan a los RNCs a través de los interfaces Iubis y a las MSs a través de los interfaces Uu.

Registro de Posición Base (HLR, Home Location Register): El HLR contiene una base de datos encargada de gestionar los abonados móviles. Una PLMN puede contener uno o varios HLRs. El HLR almacena información de subscripciones y datos de ubicación que permiten la tasación y encaminamiento de llamadas/mensajes hacia el MSC/SGSN donde se ha registrado la MS.

Registro de Posición de Visitantes (VLR, Visitor Location Register): El VLR se encarga de controlar la itinerancia (roaming) de las MSs en un área MSC. Cuando una MS entra en una nueva área de ubicación se comienza un procedimiento de registro. El MSC encargado de dicha área notifica este registro y transfiere al VLR la identidad del área de ubicación donde la MS está situada. Si dicha MS no está todavía registrada, el VLR y el HLR intercambian información para permitir el adecuado manejo de las llamadas de esta MS. El VLR puede estar encargado de una o varias áreas MSC.

Centro de Autenticación (AuC, Authentication Centre): El AuC contiene una base de datos que mantiene los datos de cada abonado móvil para permitir la identificación internacional de abonados móviles (IMSI) para poder realizar la autenticación del abonado y para poder cifrar la comunicación por el camino radio entre la MS y la red. El AuC transmite los datos requeridos para la autenticación y cifrado a través del HLR hasta el VLR, MSC y SGSN que necesitan autenticar al abonado móvil. El AuC está asociado a un HLR a través del interface H, y almacena claves de identificación para cada abonado móvil registrado en el HLR asociado.

Registro de Identidad de Equipos (EIR, Equipment Identity Register): El EIR contiene una base de datos que mantiene los identificadores internacionales de equipos móviles (IMEI) para controlar el acceso a la red de los equipos móviles.

Central de Conmutación de Móviles (MSC, Mobile Switching Centre): El MSC es una central que realiza todas las funciones de señalización y conmutación requeridas para el manejo de servicios CS hacia y desde las MSs localizadas en una determinada área geográfica. La principal diferencia con una central de una red fija es que incorpora funciones para la gestión de la movilidad como los procedimientos para el registro de posición y para el handover. El MSC se conecta a la red de acceso GSM, formada por uno o varios BSSs, a través del interfaz A y

a la UTRAN, formada por uno o varios RNSs, a través del interfaz lu-CS. Una CN puede estar constituida por uno o varios MSCs.

Central de Conmutación de Móviles Pasarela (GMSC, Gateway MSC): En el caso de llamadas entrantes a una PLMN, la llamada es encaminada hacia un MSC, si la red fija no es capaz de interrogar a un HLR. Este MSC interroga el HLR apropiado y entonces encamina la llamada al MSC donde esté la MS llamada. El MSC que realiza la función de encaminamiento hasta la ubicación de la MS se denomina GMSC.

Función de Interfuncionamiento (IWF, Interworking Function): La IWF es una entidad funcional asociada con el MSC, y proporciona la funcionalidad necesaria para permitir el interfuncionamiento entre una PLMN y las redes fijas (ISDN, PSTN, PDN). Las funciones de la IWF dependen de los servicios y el tipo de red fija. La IWF se encarga de convertir los protocolos usados en la PLMN a los usados en la red fija utilizada.

Nodo Soporte GPRS Servidor (SGSN, Serving GPRS Support Node): El SGSN sigue y mantiene la posición de las MSs en su área, y realiza funciones de seguridad y control de acceso. El SGSN establece contextos PDP (Packet Data Protocol) activos que son usados para el encaminamiento con el GGSN que el abonado este usando. La función de registro de posición en un SGSN almacena información de subscripciones y datos de ubicación (la celda o área de encaminamiento donde la MS esta registrada, o la dirección del GGSN donde exista un contexto PDP activo) de los abonados registrados en el SGSN para servicios con conmutación de paquetes. Dicha información es necesaria para llevar a cabo la transferencia entrante o saliente de datos en paquetes. El SGSN está conectado al BSC a través del interfaz Gb y al RNC a través del interfaz lu-PS. El SGSN puede enviar datos de ubicación al MSC/VLR a través el interfaz Gs

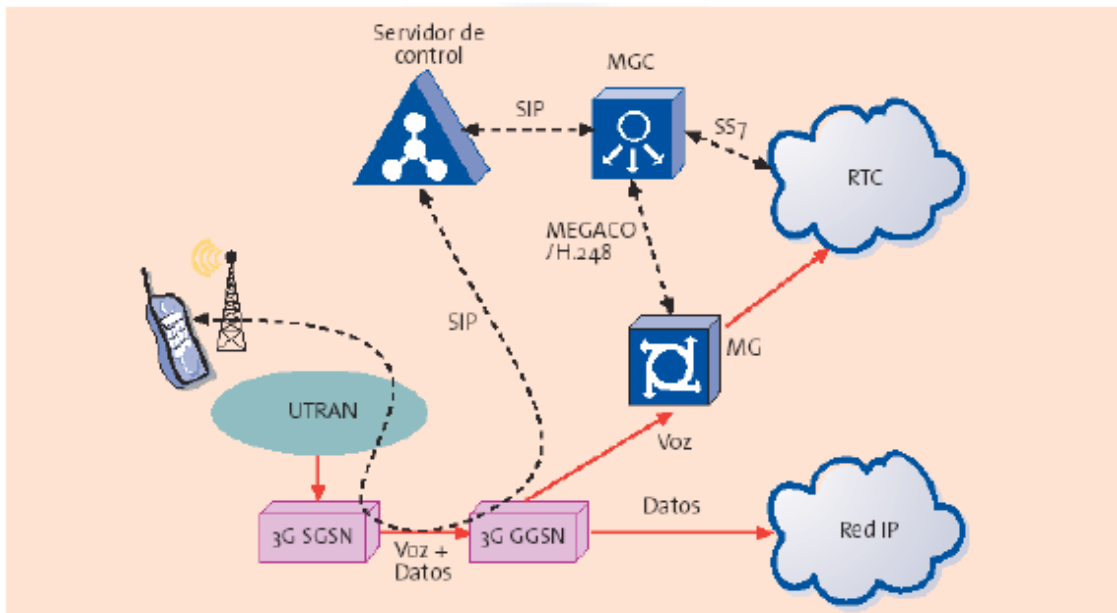
opcional. El SGSN también puede interactuar con un SCF (Service Control Function) a través de un interfaz CAP.

Nodo Soporte GPRS Pasarela (GGSN, Gateway GPRS Support Node): El GGSN proporciona el interfuncionamiento con redes externas con conmutación de paquetes a las que se conecta a través del interfaz Gi, y está conectado con uno o varios SGSNs a través del interfaz Gn. La función de registro de posición en un GGSN almacena información de suscripciones y datos de encaminamiento (la dirección del SGSN donde el MS está registrado) para cada abonado que tenga al menos un contexto PDP activo. Dicha información es recibida desde el HLR (a través del interfaz Gc) y el SGSN (a través del interfaz Gn), y es necesaria para poder establecer un túnel de tráfico de datos en paquetes, destinado a una MS, con el SGSN donde el MS está registrado. El SGSN y el GGSN contienen funcionalidad de encaminamiento IP y pueden estar interconectados por routers IP. Cuando el SGSN y el GGSN están en diferentes PLMNs, ellos están interconectados a través del interface Gp que proporciona la funcionalidad del interfaz Gn y funcionalidad de seguridad requerida para la comunicación inter-PLMN.

Pasarela Frontera (BG, Border Gateway): La BG es una pasarela entre una PLMN soportando GPRS y una red troncal inter-PLMN externa usada para la interconexión con otras PLMNs también soportando GPRS. El papel del BG es el de proporcionar el nivel apropiado de seguridad para proteger la PLMN y sus abonados.

Arquitectura de la Red UMTS R-4

Figura 10. Arquitectura UMTS R-4



Fuente: Sistemas de las telecomunicaciones 2.005 – 2.006.

Características de la Red UMTS R-4:

- Esta versión es realmente una apuesta importante por IP, en la Release 4 (R4) de UMTS, la voz se transporta sobre IP.
- También aparecen separadas las funciones de control y conectividad para voz: las MSCs se dividen en Media Gateways (MG) para conectividad y servidores de control (MGC) para señalización.
- El MG proporciona conexión con las redes de conmutación de circuitos, bajo las instrucciones de un Media Gateway Controller (MGC). Para la comunicación entre el MG y el MGC se utilizará el protocolo MEGACO

Este paso requiere dos acciones diferenciadas:

- Core Network IP. Eliminar el sistema de conmutación de circuitos para voz implica trabajar con VoIP en el core network y migrar toda la señalización a comunicaciones IP.
- UTRAN. Direcciones IP y gestión de IP mobility en UTRAN.

Arquitectura de Red UMTS R5

La arquitectura de red de UMTS R5, actualmente en fase de especificación, define una arquitectura basada en una red de transporte basada totalmente en IP que soportará tráfico de datos y de voz. La figura 11 muestra el estado actual de la arquitectura de red UMTS R5 cuyos componentes nuevos se describen a continuación.

Función de Control de Estados de Llamadas (CSCF, Call State Control Function):
El CSCF controla el establecimiento y terminación de llamadas gestionando eventos y estados de llamadas; interacciona con el MRF para soportar servicios multi-parte; informa de eventos de llamadas para la tasación; y puede proporcionar mecanismos para la interacción con el dominio de servicios y aplicaciones. El CSCF se puede descomponer en un CSCF Servidor (SCSCF, Serving CSCF) y un CSCF Interrogador (ICSCF, Interrogating CSCF). El SCSCF se utiliza principalmente para las comunicaciones originadas desde un móvil, y soporta las interacciones de señalización con el UE. El HSS es actualizado con la dirección del SCSCF y el HSS envía los datos de abonado al SCSCF para su almacenamiento. El ICSCF se utiliza para las comunicaciones terminadas en un móvil, y sirve para determinar como encaminar dichas llamadas. El ICSCF interroga el HSS para obtener la información necesaria para dirigir la llamada al correspondiente SCSCF.

Función de Pasarela de Señalización de Transporte (T-SGW, Transport Signalling Gateway Function): El T-SGW es un punto de terminación de redes PSTN/PLMN. Las principales funciones realizadas son: relacionar la señalización relativa a llamadas desde/hacia redes PSTN/PLMN con un portador IP y enviarla hacia/desde el MGCF; y proporcionar la relación de direccionamiento a nivel transporte entre redes PSTN/PLMN e IP.

Función de Pasarela de Señalización de Itinerancia (R-SGW, Roaming Signalling Gateway Function): El R-SGW soporta la itinerancia hacia/desde dominios 2G/R'99 CS y GPRS hacia/desde dominios de teleservicios UMTS R'00 y dominios GPRS UMTS, sin involucrar dominios multimedia. El R-SGW realiza la conversión de señalización a nivel transporte entre la señalización basado en el SS7 (Signalling System N°7) y la señalización basada en IP. El R-SGW no interpreta los mensajes MAP/CAP pero puede tener que interpretar la capa SCCP (Simple Conference Control Protocol) subyacente para asegurar el apropiado encaminamiento de la señalización.

Función de Control de Pasarelas Multimedia (MGCF, Media Gateway Control Function): El MGCF es un punto de terminación de redes PSTN/PLMN. Las principales funciones realizadas son: controlar las partes del estado de llamada relacionado con el control de conexiones para canales multimedia en un MGW; comunicarse con el CSCF; seleccionar el CSCF dependiendo del número de encaminamiento de la llamada entrante desde las redes heredadas; y realizar conversión de protocolos entre los protocolos de control de llamadas de redes heredadas y R5.

Función de Pasarelas Multimedia (MGW, Media Gateway Function): El MGW es un punto de terminación de transporte de redes PSTN/PLMN, y relaciona UTRAN con la CN a través del interfaz Iu. El MGW puede terminar los canales portadores desde una red de circuitos conmutados y los flujos multimedia desde una red con

conmutación de paquetes. Sobre el interfaz Iu, MGW puede soportar conversión multimedia, control de portadoras, y procesamiento de carga útil (e.g. codec, cancelador de ecos) para soportar diferentes opciones Iu para servicios CS basados en AAL2/ATM y en RTP/UDP/IP.

Función de Recursos Multimedia (MRF, Multimedia Resource Function): El MRF realiza llamadas multi-parte y funciones de conferencia multimedia. El MRF tendría las mismas funciones que un MCU (Multiple Conference Unit) de una red H323. Es el responsable del control de portadoras entre GGSN y MGW en el caso de conferencias multimedia multi-parte. El MRF puede comunicarse con el CSCF para la validación de servicios en sesiones multimedia multi-parte.

Servidor de Central de Conmutación de Móviles (MSC-S, Mobile Switching Centre Server): El MSC-S se compone principalmente de las partes de control de llamadas y control de movilidad de un GSM/UMTS MSC. Es el responsable del control de las llamadas de dominio CS terminadas y originadas en/desde un móvil. El MSC-S termina la señalización usuario-red y la traduce en la relevante señalización red-red; contiene un VLR para mantener los datos de servicio del abonado móvil y los datos relacionados con CAMEL; y controla las partes del estado de llamadas relacionado con el control de conexiones de los canales multimedia en un MGW.

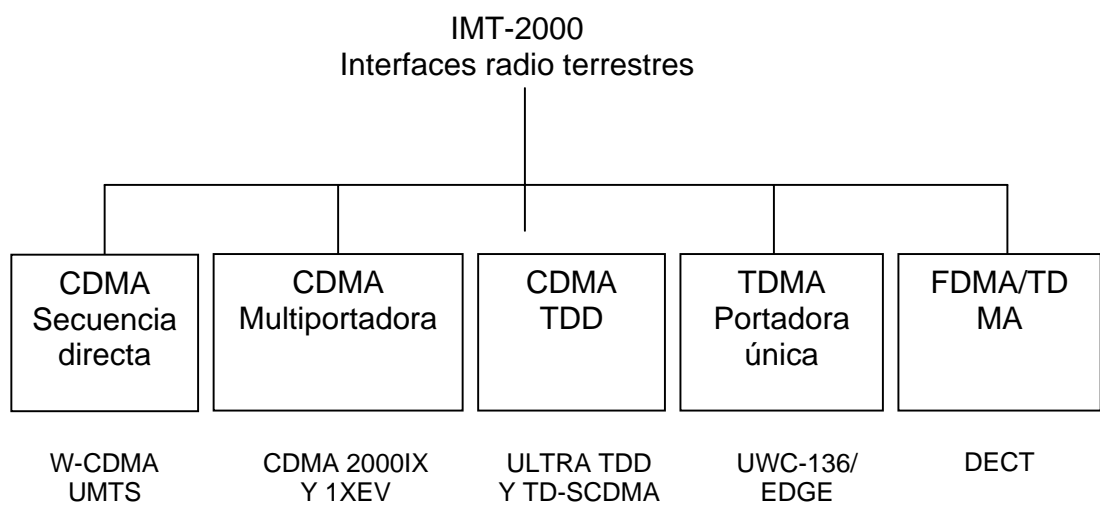
Servidor MSC Pasarela (GMSC-S, Gateway MSC Server): El GMSC-S se compone principalmente de las partes de control de llamadas y control de movilidad de un GSM/UMTS GMSC.

Central de Conmutación de Móviles (MSC, Mobile Switching Centre): Un MSC-S y un MGW forman la funcionalidad completa de un MSC.

MSC Pasarela (GMCS, Gateway MSC): Un GMSC-S y un MGW forman la funcionalidad completa de un GMSC.

En la figura 12, que se muestra a continuación, se recoge el conjunto de todos los estándares de la tercera Generación agrupados en el concepto IMT-2000.

Figura 12. Interfaces radio terrestre IMT-2000



Fuente: Sistemas de comunicaciones móviles en América.

Fundamentalmente cuando se habla de sistemas de tercera generación en el seno de la UIT se pensaba en aquel en entonces en la convergencia de estándares hacia uno único. Es decir, se trataba de repetir el éxito del GSM como aglutinador de esfuerzos técnicos y económicos, en la definición de un estándar único que garantiza aspectos tales como la itinerancia, las economías de escala y la universalidad de los servicios. Ésta debería poseer:

- Capacidades de multimedia en entornos de banda ancha
- Interfaz radio flexible, que permita acomodar distintos modos de acceso según diferentes zonas del mundo
- Terminales pequeños, ligeros y adaptables, con bajos consumos de batería.

- Capacidad de tráfico tan elevada como sea preciso.
- Concepto VHE (entorno virtual)
- Tendencia a la unificación de los segmentos fijos y móviles (marcada tendencia actual de abandono del teléfono fijo en ciertos usuarios).
- Concepto de número personal asignado al usuario, independientemente de quien provea el servicio de comunicaciones.

La UIT¹⁸, engloba bajo la denominación de IMT-2000 a todos los sistemas de tercera generación. Pronto el entorno internacional involucrado en la tercera generación de telefonía móvil fue dolorosamente consciente de la dificultad de establecer un estándar único mundial. Ésta se concretó a finales de la década de los noventa, dentro de la denominación IMT-2000 (recomendación UIT-R M.1457, transmisiones mínimas de 144 Kbps en entornos de exteriores – outdoor- y 2 Mbps en entornos de interiores –indoor-), en la que se recogen cinco estándares donde lo principal es la capacidad de transmisión de datos multimedia y el soporte de altas densidades de tráfico. De entre los estándares soportados, los hay de diferentes entornos, unos del entorno TDMA y la mayoría del entorno CDMA. La versión de telefonía es el CDMA Direct Spread Spectrum, versión W-CDMA, más conocida como UMTS. Con respecto a lo que sucederá en el continente americano, el asunto no está ni mucho menos resuelto, en tanto que tanto el UWC-136 (TDMA) como el CDMA2000 (o IMT-CDMA Multi Carrier) pugnan por hacerse con la máxima cuota del mercado.

2.4.1 Sistema TDMA de Tercera Generación UWC-136: La versión de la UIT-R M-1457 incluye una serie de versiones de sistemas de Tercera Generación que se ven amparados en el concepto IMT-2000. Entre las cuales se encuentra UWC-136, y que incluye en la serie TIA/EIA-136 del ANSI y es actualizada por el subcomité TR-45.3. En la denominación de estándar multiparte del documento EIA/TIA-136-000-C el estándar denominado TDMA (Third Generation Gíreles).

¹⁸ Unión Internacional de Telecomunicaciones

Dentro de la filosofía de TDMA se encuentra la de proporcionar las mismas características y servicios en otras bandas alrededor del mundo, donde se haya garantizado la capacidad de operar en frecuencias de 450, 800, y 1900 MHz. Los objetivos propuestos para los sistemas IMT-2000 son cubiertos por medio de una mejora en la modulación de los canales de 30 KHz (136+), para cubrir aquellos servicios a los cuales es imposible acceder con las portadoras de 30 KHz. En cuanto a la red troncal, el UWC-136 se basa en la red ANSI-41, desarrollándola para mejorar la prestación de servicios y para hacerla converger con la red GSM MAP, un aspecto clave de UWC-136 es la de converger con GSM, de manera tal que puedan existir terminales duales que aprovechen el amplio despliegue de ambas tecnologías de red y así poder competir con el resto de soluciones 3G basadas en CDMA.

2.4.2 Características Técnicas: Dentro de las características de los servicios de tercera Generación en redes TDMA 136, se encuentran:

- Ubicación flexible en el espectro
 - Operación multibanda entre 500 y 2.5 GHz
 - Operación en espectro orientado a funcionamiento FDD
 - Arranque del sistema en configuración macrocelular, que no requiera más de 1 MHz de espectro liberado para este funcionamiento inicial.
 - Continuidad de la estrategia de células jerárquicas del esquema TDMA 136, como modo de mejora en la capacidad de gestión del espectro.
 - Coexistencia de las portadoras 136 HS con sistemas de segunda generación, sin degradar sus características.
- Eficiencia Espectral:
 - El sistema funcionando a carga completa debe ser capaz de una eficiencia espectral de al menos 0.45 Mbps/MHzcélula (este nivel de eficiencia es varias

- veces superior al de los sistemas actuales de segunda generación, pero se estima alcanzable por la naturaleza de los sistemas de conmutación de paquetes actuales, así como por la naturaleza del tráfico que se cursará con estos sistemas – acceso a Internet, fundamentalmente). En concreto, en las respuestas proporcionadas por el UWC-136 como autoevaluación del estándar, la portadora 136 HS de exterior presentaba una eficiencia entre 0.741 y 0.810 para el servicio de datos de 384 Kbps, y de entre 0.876 y 1,2798 para el servicio de 64 Kbps.
- Servicios de datos, según autoevaluación, máximos de 459 Kbps en 136 HS de exterior y 4,1496 Kbps en 136 HS de interior.
- Compatibilidad 136:
 - El sistema es compatible con 136 y 136+, a nivel de continuidad del servicio y características.
 - El sistema soporta los servicios de 136 HS en los canales de control 136 y 136+
 - El sistema soporta terminales duales de baja complejidad.
 - Los balances de potencia de estas portadoras 136 HS son similares en cuanto a pérdidas de trayecto a lo logrado en 136 y 136+.
 - Las portadoras encajarán en el plan de frecuencias de IS-136.

La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones WRC-2000 celebrada en Estambul en el año 2000, proporciona tres bandas extras quedando compuesto el espectro para IMT-2000 de la siguiente forma:

- Componente Terrenal

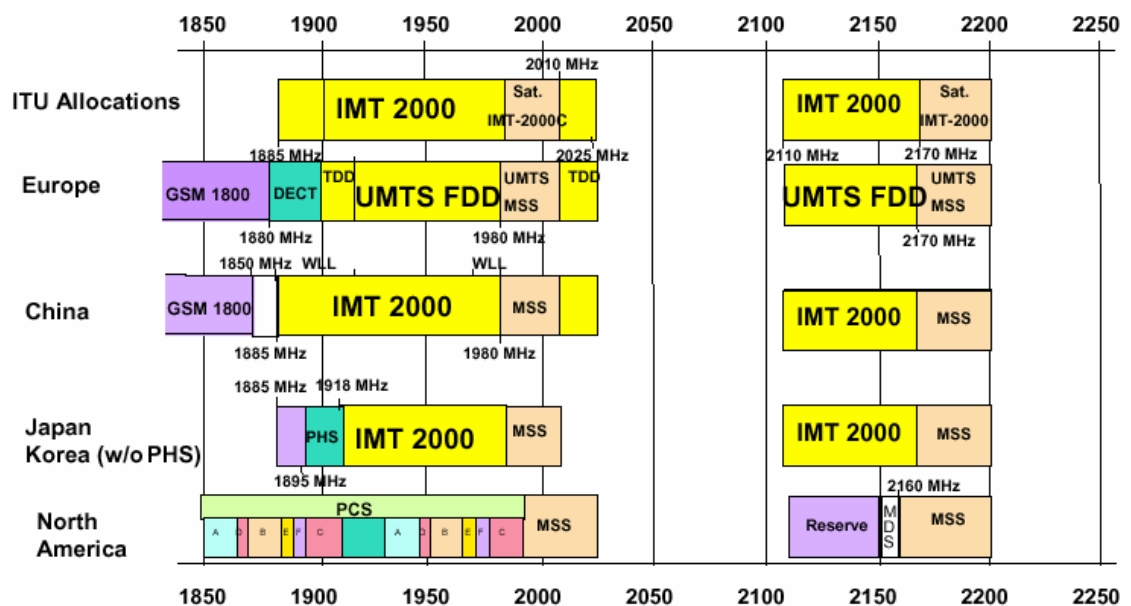
806-960 MHz	WRC 2000
1710-1885 MHz	WRC 2000
1885-1980 MHz	WARC 92

2010-2025 MHz WARC 92
 2110-2200 MHz WARC 92
 2500-2690 MHz WRC 2000

- **Componente Satelital**

1980-2010 MHz WARC 92
 2170-2200 MHz WARC 92
 2500-2520 MHz WRC 2000
 2670-2690 MHz WRC 2000

Figura 13. Espectro para IMT-2000



Fuente: Sistemas inalámbricos de comunicación personal.

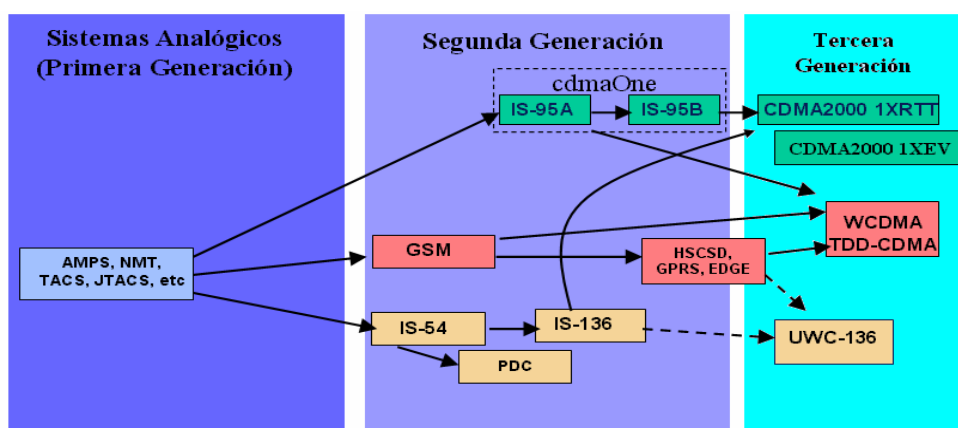
La industria se ha concentrado en potenciar aún más las capacidades de CDMA 1X-RTT, normalizando los sistemas HDR (High Data Rate) más que desarrollar 3X-RTT por razones de reutilización de espectro y de esa manera eliminar la principal restricción para la evolución hacia 3G, tanto para los operadores cdmaOne™ como para los TDMA/IS-136.

Desde el punto de la interfaz radio, cdmaOne™ evoluciona hacia 3G en un estándar llamado cdma2000. Cdma2000 viene en dos fases: 1X y 3X, sobre portadoras de 1,25 MHz y 3,75 MHz (3 x 1,25 MHz), respectivamente. Los sistemas cdma2000 pueden operar en las siguientes bandas: 450 MHz, 800 MHz, 1700 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz, y 2100 MHz.

El HDR comprende el 1X EV-DO propuesto por el fabricante Qualcomm para datos en paquetes (acceso a Internet) y el 1X EV-DV propuesto por Motorola (en fase de desarrollo), que incluye el servicio de voz en paquetes. Cdma2000 incluye numerosas mejoras sobre IS-95, incluyendo control de potencia más sofisticado, nueva modulación sobre el canal reverso, y métodos de codificación mejorados. El resultado es una capacidad significativamente superior.

Desde el punto del núcleo de red, cdmaOne™ evoluciona hacia una arquitectura basada completamente en IP, usando el estándar del IETF denominado IP Móvil. La evolución del núcleo de red cdmaOne™ se inicia con la introducción de un núcleo de red de paquetes que sea capaz de entregar servicios usando protocolos IP extremo a extremo.

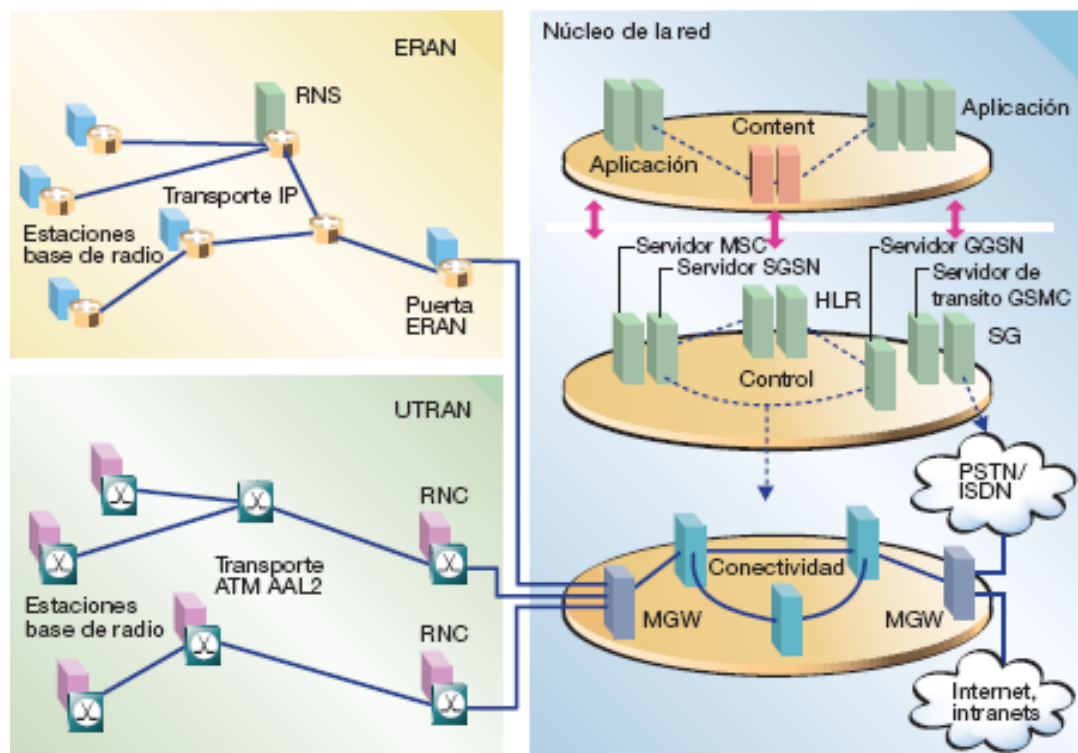
Figura 14. Evolución de los sistemas celulares de 3G



Fuente: Sistemas inalámbricos de comunicación personal.

La evolución de GSM hacia 3G consiste en la adición gradual de más funcionalidades, posibilidades y valor a la existente red y negocio GSM. La evolución comienza con una mejora de la red GSM hacia 2.5G con GPRS (General Packet Radio Services), donde se agregan capacidades de transmisión de paquetes de datos a través de un núcleo de red basado en IP, el que subsecuentemente sería usado para transportar el tráfico de datos de EDGE (Enhanced Data Rate for Global Evolution), tecnología que aumenta las tasas de datos considerablemente, para luego implementar W-CDMA

Figura 15. Arquitectura en capas.



Fuente: Evolución de la Red

La arquitectura en capas de la red de tercera generación. Sección amarilla: la red de acceso de radio EDGE (ERAN). Sección verde: la red de acceso de radio terrestre UMTS (UTRAN). Sección azul: el núcleo de la red. Ésta está basada en un diseño adaptable y modular.

La capa de conectividad usa puertas de medios para procesar datos de usuario final de notablemente voz, que requiere codificación y decodificación, cancelación de eco y enlaces multipartitos; para transcribir calidad de servicio (QoS); y para convertir protocolos.

Esta capa sirve también de conmutador de acceso para conmutadores y encaminadores de principal, y es responsable de establecer las conexiones de portador que llevan las corrientes de medios en la capa.

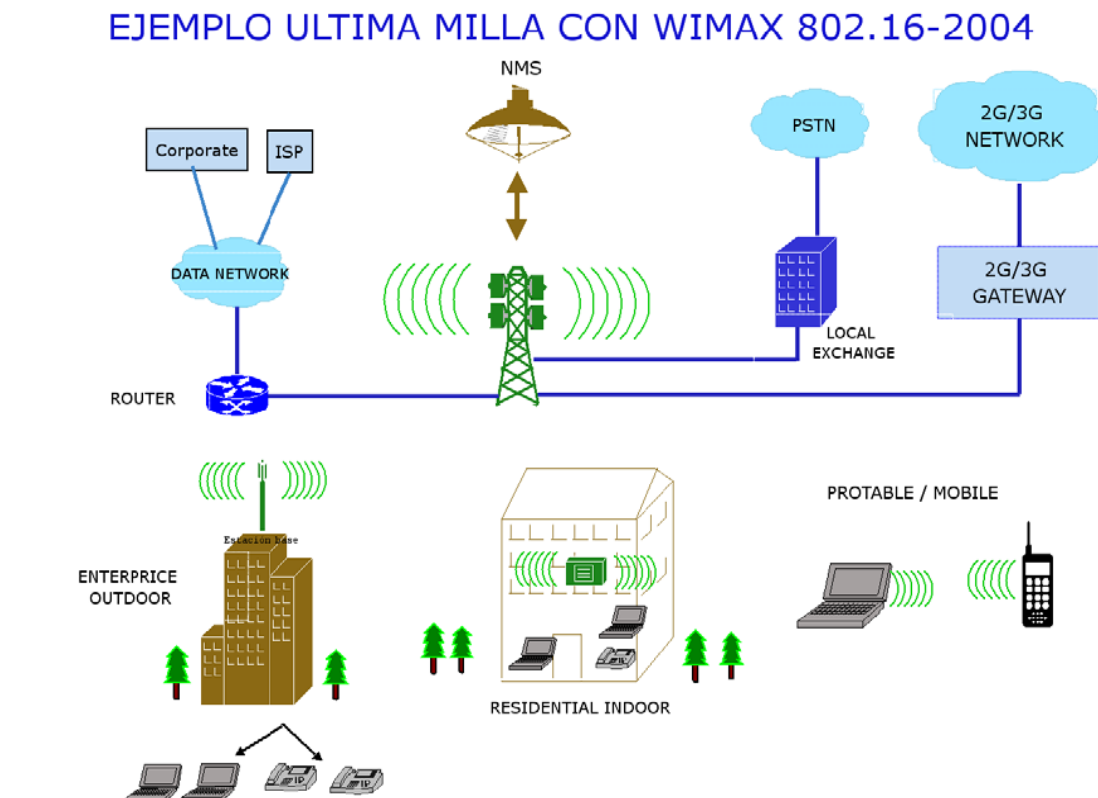
2.5 SISTEMAS MÓVILES DE CUARTA GENERACIÓN

Tecnología GSM 4G (también conocida como 4-G) son las siglas de la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil. A día de hoy no hay ninguna definición de la 4G, pero se puede en qué consistirá en base a lo ya establecido.

La Cuarta Generación (4G) estará basada totalmente en IP siendo un sistema de sistemas y una red de redes, alcanzándose después de la convergencia entre las redes de cables e inalámbricas así como en ordenadores, dispositivos eléctricos y en tecnologías de la información así como con otras convergencias para proveer velocidades de acceso entre 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo, manteniendo una calidad de servicio (QoS) de punta a punta (end-to-end) de alta seguridad para permitir ofrecer servicios de cualquier clase cualquier momento, en cualquier lugar, con el mínimo coste posible.

El WWRF (Wireless World Research Forum) define 4G como una red que funcione en la tecnología de Internet, combinándola con otros usos y tecnologías tales como Wi-Fi y WiMAX. La 4G no es una tecnología o estándar definido, sino una colección de tecnologías y protocolos para permitir el máximo rendimiento de procesamiento con la red inalámbrica más barata. El IEEE aún no se ha pronunciado designando a la 4G como “más allá de la 3G”.

Figura 16. WiMAX 802.16 Soluciones R/S para Aplicaciones Banda Ancha.



Fuente: RDM JARAMILLO, S DE CALI - univalle.edu.co

Una antena WIMAX estará conectada al proveedor de Internet (ISP) por medio de fibra óptica o cable con un alto ancho de banda (30 Mbps o más) y esa misma antena, en el modelo de la telefonía celular, podrá ser el punto de acceso a la red tanto de usuarios móviles como de otras antenas funcionando como repetidoras, sin conexión por cable alguno (Fig. 16). De esta forma, la tecnología WIMAX permitirá enlazar zonas rurales o de difícil acceso, donde las compañías de telecomunicaciones no han colocado cables por el costo de instalación o mantenimiento.

En Japón ya se está experimentando con las tecnologías de cuarta generación, estando NTT DoCoMo a la vanguardia. Esta empresa realizó las primeras pruebas

con un éxito rotundo (alcanzó 100 Mbps a 200 Km/h) y espera poder lanzar comercialmente los primeros servicios de 4G en el año 2010. En el resto del mundo se espera una implantación sobre el año 2020.

El concepto de 4G englobado dentro de 'Beyond 3G' incluye técnicas de avanzado rendimiento radio como MIMO y OFDM. Dos de los términos que definen la evolución de 3G, siguiendo la estandarización del 3GPP, serán LTE ('Long Term Evolution') para el acceso radio, y SAE ('Service Architecture Evolution') para la parte núcleo de la red. Como características principales se tiene:

- Para el acceso radio abandona el acceso tipo CDMA característico de UMTS.
- Uso de SDR (Software Defined Radios) para optimizar el acceso radio
- La red completa prevista es todo-IP
- Las tasas de pico máximas previstas son de 100 Mbps en enlace descendente y 50 Mbps en enlace ascendente (con espectros en ambos sentidos de 20 Mhz)
- Los nodos principales dentro de esta implementación son el 'Evolved Node B' (BTS evolucionada), y el 'System Access Gateway', que actuará también como interfaz a internet, conectado directamente al Evolved Node B. El servidor RRM será otro componente, utilizado para facilitar la inter-operabilidad con otras tecnologías

La Cuarta Generación (4G), utiliza el protocolo TCP/IP, el cual es el mismo protocolo de Internet, pero para esta generación se estará utilizando el Protocolo de Internet versión 6 IPv6. Se espera que este protocolo actúe como elemento concentrador de las diferentes tecnologías radio, debido a que las mejoras de IPv6 en comparación con el protocolo que aún se sigue utilizando (IPv4) son notables, entre ellas la movilidad, direccionamiento y la seguridad.

Debido a esto, la IETF (Internet Engineering Task Force) ha empezado a definir el Protocolo Mobile IP.

Uno de los problemas que se encuentra para esta generación es que con este protocolo aún no saben como añadir el paging ya que este protocolo no lo proporciona. El paging es cuando un nodo móvil informa su posición a la red. Para evitar este problema, se tiene un proyecto, que se llama Geopaging, el cual es un protocolo multicast diseñado para realizar un transporte de los mensajes de paging sobre una red celular basada en IPv6. A este proyecto se le conoce como Mcast.

Otra característica esencial que presentará esta tecnología es que con el protocolo TCP/IP no le va a interesar con que radiofrecuencia hace el enlace físico, es decir, en Estados Unidos lo realizará por medio de Wimax (OFDM - Modulación por División Ortogonal de Frecuencia -) en Japón lo hará por medio de VSF-Spread OFDM y en Europa se espera el Flash-OFDM.

Con la tecnología que ha sido presentada, se espera que incluso las llamadas telefónicas no tengan costo alguno y la renta de los celulares sea como actualmente se ha estado haciendo con Internet, es decir con una renta mensual dependiendo del ancho de banda que se desee.

NTT DoCoMo, la empresa japonesa, dice en su página Web que además están desarrollando un nuevo concepto que eliminará la necesidad de estaciones base permitiendo la conexión directa entre los terminales. Incluso están investigando las redes móviles versátiles en las cuales las estaciones base tendrán la capacidad de instalarse automáticamente, creando una red que tenga realmente la capacidad de pensar por sí misma.

El IP versión 6 (IPv6) es la nueva versión del Protocolo Internet, diseñado como el sucesor para el IP versión 4 (IPv4) [RFC-791]. Los cambios del IPv4 al IPv6 recaen principalmente en las siguientes categorías:

- Capacidades de Direccionamiento Extendida: El IPv6 incrementa el tamaño de dirección IP de 32 bits a 128 bits, para dar soporte a más niveles de direccionamiento jerárquico, un número mucho mayor de nodos direccionables, y una autoconfiguración más simple de direcciones. La escalabilidad del enrutamiento multienvío se mejora agregando un campo "ámbito" a las direcciones multienvío. Y se define un nuevo tipo de dirección llamada "dirección envío a uno de", usado para enviar un paquete a cualquiera de un grupo de nodos.
- Simplificación del Formato de Cabecera. Algunos campos de la cabecera IPv4 se han sacado o se han hecho opcional, para reducir el costo del caso común de proceso de tratamiento de paquete y para limitar el costo del ancho de banda, de la cabecera IPv6.
- Soporte Mejorado para las Extensiones y Opciones. Los cambios en la manera en que se codifican las opciones de la cabecera IP permiten un reenvío más eficiente, límites menos rigurosos en la longitud de opciones, y mayor flexibilidad para introducir nuevas opciones en el futuro.
- Capacidad de Etiquetado de Flujo. Una nueva capacidad se agrega para permitir el etiquetado de paquetes que pertenecen a "flujos" de tráfico particulares para lo cuál el remitente solicita tratamiento especial, como la calidad de servicio no estándar o el servicio en "tiempo real".

- Capacidades de Autenticación y Privacidad. Extensiones para utilizar autenticación, integridad de los datos, y (opcional) confidencialidad de los datos, se especifican para el IPv6.

Características principales

- Mayor espacio de direcciones. El tamaño de las direcciones IP cambia de 32 bits a 128 bits, para soportar mas niveles de jerarquías de direccionamiento y más nodos direccionables.
- Simplificación del formato del Header. Algunos campos del header IPv4 se quitan o se hacen opcionales
- Paquetes IP eficientes y extensibles, sin que haya fragmentación en los routers, alineados a 64 bits y con una cabecera de longitud fija, mas simple, que agiliza su procesamiento por parte del router.
- Posibilidad de paquetes con carga útil (datos) de más de 65.355 bytes.
- Seguridad en el núcleo del protocolo (IPsec). El soporte de IPsec es un requerimiento del protocolo IPv6.
- Capacidad de etiquetas de flujo. Puede ser usada por un nodo origen para etiquetar paquetes pertenecientes a un flujo (flow) de tráfico particular, que requieren manejo especial por los routers IPv6, tal como calidad de servicio no por defecto o servicios de tiempo real. Por ejemplo video conferencia.
- Autoconfiguración: la autoconfiguración de direcciones es mas simple. Especialmente en direcciones Aggregatable Global Unicast, los 64 bits superiores son seteados por un mensaje desde el router (Router

Advertisement) y los 64 bits mas bajos son seteados con la dirección MAC (en formato EUI-64). En este caso, el largo del prefijo de la subred es 64, por lo que no hay que preocuparse más por la máscara de red. Además el largo del prefijo no depende en el número de los hosts por lo tanto la asignación es mas simple.

- Renumeración y "multihoming": facilitando el cambio de proveedor de servicios.
- Características de movilidad, la posibilidad de que un nodo mantenga la misma dirección IP, a pesar de su movilidad.
- Ruteo más eficiente en el backbone de la red, debido a la jerarquía de direccionamiento basada en aggregation.
- Calidad de servicio (QoS) y clase de servicio (CoS).
- Capacidades de autenticación y privacidad

Los sistemas móviles de 4G basada en la utilización del protocolo IPv6 tanto en los accesos como en el núcleo de red. Esta nueva arquitectura basada en conmutación de paquetes, requiere la incorporación de técnicas que soporten mecanismos de calidad de servicio (QoS), movilidad, seguridad y contabilidad basados en IP. En este aparte la investigación se centra en la descripción de soluciones basadas en QoS y en su interacción con los módulos de movilidad y AAA (Autorización, Autenticación y Contabilidad).

La principal característica de las propuestas de redes móviles 4G es la utilización de tecnologías IP en el núcleo y en las redes de acceso, para soportar todos los servicios. Mientras en redes 3G coexistirá un núcleo IP para la red de datos con otro núcleo basado en conmutación de circuitos para la prestación de servicios de

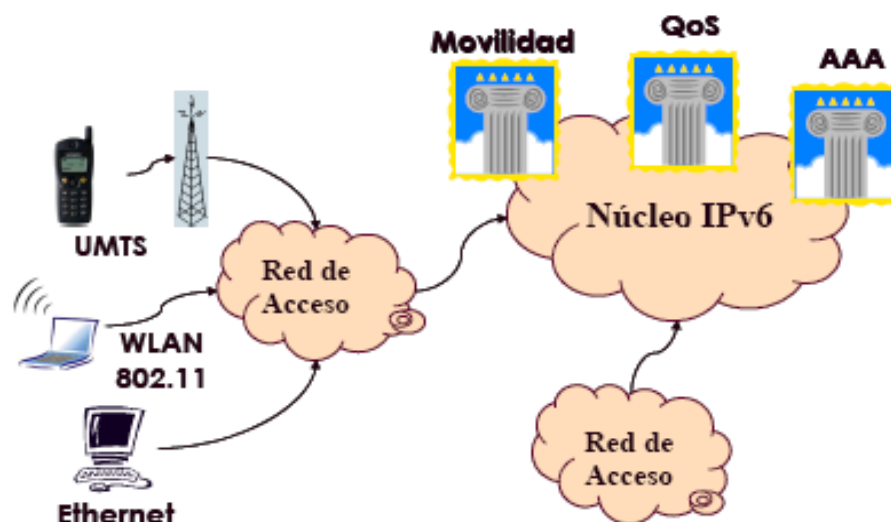
voz, en las redes 4G sólo existirá un núcleo IP sobre el que se transportará todo el tráfico.

Una imposición para el núcleo de las redes de cuarta generación será el soporte del protocolo IP en su versión 6, IPv6, con lo que quedarían resueltos problemas como el espacio de direcciones, vital para el despliegue de una nueva red dónde sería deseable el uso de direcciones públicas. Concretamente el escenario implementado dentro del proyecto Mobydick es IPv6 nativo.

Existen diferentes tecnologías de acceso que aparecerán en un escenario 4G. No se trata de tecnologías complementarias, de manera que todas podrán coexistir, y en función de las necesidades del cliente podrá optar por alguna de las siguientes: WCDMA (UMTS), Wireless LAN 802.11, Ethernet.

En la figura 17 se representan los elementos funcionales de los que se compone una red de cuarta generación.

Figura 17. Arquitectura de la red de 4G



www.it.uc3m.es/cgarcia/articulos/telecomi+d_redes4g.pdf

Los elementos más representativos de esta arquitectura son:

- QoS. La tecnología IP tal como se concibió originalmente, no ofrece ningún tipo de garantías de Calidad de Servicio. Sin embargo, existen servicios entre ellos el telefónico, con rigurosos requisitos de retardo y variación del retardo (jitter), lo que hace necesario añadir funcionalidad a IP para que las redes basadas en este protocolo sean capaces de soportar este tipo de servicios.
- AAA. Los sistemas tradicionales de contabilidad basados en la generación de CDR (Call Detail Record) deben ser modificados para soportar de forma eficiente movilidad de usuarios sobre una red basada en datagramas. Adicionalmente deben soportarse mecanismos de autenticación y autorización para ofrecer mecanismos seguros de identificación y acceso de usuarios. En este sentido el IETF ha definido los sistemas AAA, encargados de comprobar la identidad de los usuarios, de controlar los servicios que usan y de tarificarles por ello. Estos sistemas utilizan las redes IP para transportar la información de señalización necesaria. El IETF propone el protocolo DIAMETER, sustituto del tradicional RADIUS y capaz de soportar movilidad Inter Dominio (roaming) de usuarios.
- Movilidad. Las redes de 4G deberán soportar mecanismos eficientes que permitan la movilidad de usuarios, que utilizando el mismo o distinto terminal se conecten a la red mediante distintas redes de acceso (WCDMA, WLAN, Ethernet, etc.) operadas por distintas entidades. Esto requiere mecanismos que soporten handover entre subredes bajo igual o distinta tecnología (handover horizontal y vertical) de forma eficiente, teniendo como elemento común el transporte IP. La base del soporte de movilidad en redes IP son los protocolos Mobile IP. La propuesta de Fast Handover permitirá conseguir handovers sin interrupción apreciable de las comunicaciones. Esta movilidad requiere interaccionar con los procesos de soporte de QoS en el caso de traspasos entre

áreas con distintos recursos de red disponibles y con los mecanismos de AAA para el caso de traspasos entre redes pertenecientes a distintos dominios administrativos.

Soporte de QoS en redes 4G. Existen diferentes iniciativas para proporcionar QoS en una red IP. El IETF divide sus esfuerzos en dos grupos Intserv y Diffserv. La implementación de la tecnología Intserv presenta problemas de escalabilidad. La tendencia es el uso de Diffserv en el núcleo combinado con Intserv como solución en la red de acceso. Como los principales problemas de recursos aparecen normalmente en la red de acceso, y dado que sobredimensionar el núcleo es relativamente sencillo y barato, el uso combinado de Intserv y Diffserv en el acceso y núcleo respectivamente proporciona un buen compromiso entre coste y eficiencia. Sin embargo esta solución como técnica de QoS presenta algunas limitaciones:

En Diffserv, al no existir una reserva extremo a extremo, la QoS no está garantizada al 100%. Lo más que podremos alcanzar es una alta probabilidad de obtener el nivel de calidad de servicio deseado, si bien un buen dimensionado de la capa de transporte asegurará un buen servicio.

Las reservas realizadas por el usuario se traducirán en un código (DSCP) presente en los paquetes que éste envíe, que determinará el tratamiento de nuestro tráfico. El número de códigos es limitado y será el proveedor el encargado de definir éstos así como su implementación. Aparece entonces la posibilidad de que un mismo código DSCP no tenga el mismo significado para diferentes proveedores de servicio, de manera que la calidad de servicio final vendrá determinada por la relación entre los diferentes proveedores que se atraviesen.

El modelo se basa en el uso de un elemento encargado de la gestión de calidad de servicio, el QoSBroker. Este componente se encarga de administrar la reserva

de recursos y gestionar los routers de la red de acceso y del núcleo. El QoSBroker se comunica con los routers usando el protocolo COPS para el intercambio de información relativa a gestión y administración de la red. COPS define un modelo cliente (routers) servidor (QoSBroker). El QoSBroker, corazón del sistema de calidad de servicio, conocerá el estado de los enlaces hacia cada red de acceso, y podrá autorizar o denegar el acceso de un usuario a la red según la carga. Este elemento mantendrá una relación entre los códigos DSCP utilizados y el comportamiento (PHB) que debe ofrecerse al tráfico. Para ello se han definido una serie de servicios que se encuentran en la tabla, a continuación:

Tabla 2. Servicios ofrecidos al usuario.

Service		Relative Priority	Service parameters	Service Description
Name	Class			
S1	EF	1	Peak BW: 32 kbit/s	Real time services
S1G	AF41	2a	unspecified	Signalling
S2	AF21	2b	CIR: 256 kbit/s	Priority (urgent) data transfer
S3	AF1*	2c	Three drop precedences (kbps): AF11 – 64 AF12 – 128 AF13 – 256	Olympic service (better than BE: streaming, ftp, etc)
S4	BE	3	Peak bit rate: 32 kbit/s	Best effort
S5	BE	3	Peak bit rate: 64 kbit/s	Best effort
S6	BE	3	Peak bit rate: 256 kbit/s	Best effort

Fuente: www.it.uc3m.es/cgarcia/articulos/telecomi+d_redes4g.pdf

3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS GSM

3.1 PRIMERA GENERACIÓN

Técnica de acceso: FDMA/FDD (Frequency Division Multiple Access. / Frequency Division Duplex), la cual utilizaba el Acceso Múltiple por División de Frecuencia y dos frecuencias portadoras distintas para establecer la comunicación TX y RX.

Canales: 666 canales divididos en 624 canales de voz y 42 canales de señalización de 30 Khz cada uno

Banda: NMTS450, el cual empezó a operar en la banda de 450 MHz.

Sistema: sistema TACS (Total Access Communications System), con 1000 canales de 25 Khz cada uno y operaba en la banda de 900 MHz. En esta década también aparecen otros sistemas de primera generación como el NTT, estándar japonés, el C-Netz estándar Alemán y French Radiocom. 2000 de Francia entre otros.

Servicios: Solo servicio de voz.

3.2 SEGUNDA GENERACIÓN

Groupe Spécial Mobile (GSM): encargado de especificar un sistema de comunicaciones móviles común para Europa

Banda: 900 MHz.

Sistema: El GSM comenzó como una norma europea para unificar sistemas móviles digitales y fue diseñado para sustituir a más de diez sistemas analógicos en uso y que en la mayoría de los casos eran incompatibles entre sí.

Servicio: Seguimiento automático de los teléfonos móviles en su desplazamiento por todos los países. Conforme se desarrolló, GSM mantuvo el acrónimo, aunque en la actualidad signifique Global System for Mobile communications.

Objetivo: Incremento de la capacidad dentro de la banda de 800 MHz existente. Un prerequisite es que los teléfonos móviles debían funcionar con los canales de habla analógicos ya existentes y con los nuevos digitales (Dual Mode). A partir de esto se empleó el término Digital AMPS (D-AMPS) que se refiere a IS-54B, y que define una interfaz digital con componentes heredados de AMPS. La especificación IS-36 es una evolución completamente digital de D-AMPS. A causa de estos requisitos, fue natural el elegir un estándar TDMA de 30 KHz puesto que los sistemas analógicos existentes trabajan ya con esta anchura de canales.

Canales: En este sistema se transmiten tres canales por cada portadora de 30 KHz.

Características:

- Mayor calidad de las transmisiones de voz
- Mayor capacidad de usuarios
- Mayor confiabilidad de las conversaciones
- La posibilidad de transmitir mensajes alfanuméricos
- Permite enviar y recibir cortos mensajes que puedan tener hasta 160 caracteres alfanuméricos desde un teléfono móvil.
- Navegar por Internet mediante WAP (Wireless Access Protocol)

3.3 TERCERA GENERACIÓN

Los avances que en materia de sistemas de tercera generación adelanta la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), a finales de los años ochenta, se denominaron en un principio como Futuros Sistemas Públicos de Telecomunicaciones Móviles Terrestres (FPLMTS – Future Public Land Mobile Telecommunication System) Actualmente se le ha cambiado de nombre y se habla del Sistema de Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT-2000, International Mobil Telecommunication-2000) creado con el objetivo de valorar y especificar los requisitos de las normas celulares del futuro para la prestación de servicios de datos y multimedia a alta velocidad

Características:

- Ubicación flexible en el espectro
- Eficiencia Espectral
- Compatibilidad 136

3.4 CUARTA GENERACIÓN

En la Cuarta Generación (4GSM), se halla:

- Escalabilidad: IPv6 tiene direcciones de 128 bits frente a las direcciones de 32 bits de IPv4. Por tanto el número de direcciones IP disponibles se multiplica por $7,9 \times 10^{28}$.
- Seguridad: IPv6 incluye seguridad en sus especificaciones como es la encriptación de la información y la autenticación del remitente de dicha información.

- Aplicaciones en tiempo real: Para dar mejor soporte a tráfico en tiempo real (i.e. videoconferencia), IPv6 incluye etiquetado de flujos en sus especificaciones. Con este mecanismo los routers pueden reconocer a qué flujo extremo a extremo pertenecen los paquetes que se transmiten.
- Plug and Play: IPv6 incluye en su estándar el mecanismo “plug and play”, lo cual facilita a los usuarios la conexión de sus equipos a la red. La configuración se realizará automáticamente.
- Especificaciones más claras y optimizadas: IPv6 seguirá las buenas prácticas de IPv4 y eliminará las características no utilizadas u obsoletas de IPv4, con lo que se conseguirá una optimización del protocolo de Internet. La idea es quedarse con lo bueno y eliminar lo malo del protocolo actual.

4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas

- Basado en paquetes, pues solo se cancela un valor en función de la descarga lo que supone relativamente un menor costo. Aunque dependiendo del tipo de usuario también se podría calificar como desventaja.
- Más velocidad de acceso.
- UMTS, sumado al soporte de protocolo de Internet (IP), se combinan poderosamente para prestar servicios multimedia y nuevas aplicaciones de banda ancha, tales como servicios de video-telefonía y video-conferencia.

Desventajas

- No orientado a conexión. Cada uno de los paquetes pueden seguir rutas distintas entre el origen y el destino, por lo que pueden llegar desordenados o duplicados.
- Sin embargo el hecho de no ser orientado a conexión tiene la ventaja de que no se satura la red. Además para elegir la ruta existen algoritmos que "escogen" qué ruta es mejor, estos algoritmos se basan en la calidad del canal, en la velocidad del mismo y, en algunos, oportunidad hasta en 4 factores (todos ellos configurables) para que un paquete "escoja" una ruta.

Tabla 3. Comparación de rendimiento de datos entre distintas tecnologías.

	Velocidad pico de la red	Throughputs promedio esperados para el usuario
GPRS CS1-2	115 Kbit/s	35 a 40 Kbit/s
EDGE	473 Kbit/s	110 a 130 Kbit/s
UMTS	2 Mbps	200 a 300 Kbit/s
HSDPA	10 Mbit/s	Los throughputs para el usuario dependerán de muchas variables, incluyendo opciones tomadas por los operadores y la carga de la red. Toda estimación es altamente especulativa. HSDPA, con su eficiencia espectral, podrá más que duplicar las velocidades de datos característicos de WCDMA.
CDMA2000 1XEV- Sólo datos (DO)	2.4 Mbit/s	Los throughputs para el usuario dependerán de muchas variables, incluyendo opciones tomadas por los operadores y la carga de la red. Toda estimación es altamente especulativa, pero la eficiencia espectral incrementada permitirá al menos la duplicación de las velocidades de las velocidades de datos IXRTT características.
CDMA2000 1XEV-DV	5 Mbit/s	Estos son throughputs percibidos por el usuario esperados e incluyen overhead de protocolo

Fuente: Capacidades de datos para el evolución GSM a UMTS. Pág. 18

La comparación está basada en tecnologías que se han comprometido en desplegar los principales operadores de América. Para el throughput promedio, las simulaciones muestran que EDGE tiene la mayor eficiencia espectral para velocidades de datos por debajo de 100 Kbit/s. para velocidades de datos de más de 100 Kbit/s, WCDMA tiene la mayor eficiencia espectral. En los casos en que EDGE se despliega en una banda de 1.25 MHz sin un canal de control y utilizando dos transceptores, la eficiencia espectral es aún mayor. Respecto de WCDMA, HSDPA incrementará la capacidad en al menos un factor de dos. En la evolución CDMA2000, hay ganancias similares. Suponiendo una programación proporcional equitativa, IxEV-DO (tecnología celular para datos únicamente) lleva la capacidad a más del doble en comparación con IxRTT, IxEV-DV (datos y voz de evolución Ix) incrementa la capacidad en hasta un 20% adicional. HSDPA y IxEV-DV tienen eficiencias espectrales comparables.

La eficiencia espectral en Kbit/s por Mhz por sector versus throughput del décimo percentil en Kbit/s y la comparación entre WCDMA y CDMA2000 demuestran la importancia de utilizar datos del décimo percentil y es que el noventa por ciento de los usuarios obtiene velocidades de datos mayores que esa cantidad. Este enfoque excluye los casos en que un subconjunto de usuarios, debido a buenas condiciones de radio, representa una cantidad desproporcionada del throughput total. En esta comparación, EDGE es la tecnología más eficiente desde el punto de vista del espectro en velocidades de datos por debajo de los 72 Kbit/s.

CONCLUSIONES

El siglo XX y XXI trajo consigo una serie de avances y oportunidades relacionadas con las telecomunicaciones móviles, los sistemas GSM de Segunda Generación (2G) evolucionan para incorporarse a GPRS o EDGE y los nuevos sistemas móviles de tercera Generación (3G) como UMTS, lográndose nuevos servicios, gracias a una arquitectura de servicios abiertos con interfaces estandarizados y la creación de islas que interoperan con las redes GSM existentes.

Los grandes avances en tecnologías de móviles han hecho posible la evolución de los sistemas GSM 2G para incorporar GPRS o EDGE, y la concepción de los nuevos sistemas móviles 3G como UMTS. El amplio abanico de posibles nuevos servicios móviles multimedia personalizados y de alta calidad que UMTS podrá ofrecer está causando muchas expectativas en estos nuevos sistemas. La flexibilidad en la creación de nuevos servicios se logra gracias a una arquitectura de servicios abierta con interfaces estandarizados que permiten la aparición en el sector de las telecomunicaciones móviles de nuevos actores como son los proveedores de servicios y contenidos. La introducción de UMTS será gradual creando islas UMTS que interoperarán con las redes GSM existente. La arquitectura de red R'99 se ha diseñado para facilitar este proceso de migración. La arquitectura de red R'00 que está siendo actualmente definida plantea un modelo de red móvil basado totalmente en IP que puede ser el ideal para determinados operadores que aprovecharán así las ventajas de la convergencia de redes fijas y móviles. Está previsto que el lanzamiento de los primeros sistemas UMTS R'99 sea a mediados de 2001 con lo que podemos decir que estamos ya en el umbral de un mundo de nuevas oportunidades relacionadas con la

telecomunicaciones móviles cuyo repercusión social y económico puede ser muy importante.

Mediante la presente investigación se realizó un estudio de la Tercera y Cuarta generación de la Tecnología GSM, a la que se llega tratando de unificar la los sistemas móviles digitales.

El estudio constó de cuatro fases. En la primera se identificaron las características físicas y técnicas del sistema GSM, con sus componentes principales, realizándose una mayor descripción de la Tercera y Cuarta Generación. Ésta última iniciando su aplicación y basada totalmente en IP, siendo una red que funciona en la tecnología de Internet, combinada con otros usos y tecnologías.

En la segunda fase se logra la realización de un estudio comparativo de las diferentes generaciones (primera, segunda, tercera y cuarta). Y en la tercera se identifican las ventajas y desventajas de cada una.

BIBLIOGRAFÍA

FRENZEL, Louis E. Sistemas Electrónicos de Comunicaciones. Alfaomega grupo Editor S. A. México. Pág. 761 – 803.

JARAMILLO, F. Samuel. Redes de Telecomunicaciones. Tomo II- Escuela de Ingeniería. Universidad Pontificia Bolivariana. Serie Nabla – Delta No. 34. 1.994.. Pág. 549.

OSORIO, P. Gabriel J. Recepción de televisión vía satélite. Universidad de Antioquia. 1.982. Pág. 48.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, Redes Satelitales y alternativas de comunicación. Santa Fe de Bogotá. Junio 1.993.

QUINTERO, Flórez, Víctor. “Sistemas Celulares” Presentación en Universidad del Cauca. 2004.

URL: Comunicación por Satélite. <http://www.newnet.com>. Consultada abril 2007.

URL: **FIGUEIRA**, Carlos. Universidad Simón Bolívar. Conversión de señales y transmisión de datos. Junio 1.996.

URL: AYALA, Martínez Francisco Javier. Redes y Transmisión de Datos. <http://www.seguridaddigital.info>